GAZ WODA i TECHNIKA SANITARNA

ROK XXIV LUTY 1950 Nr 2

MIESIĘCZNIK, ORGAN POLSKIEGO ZRZESZENIA GAZOWNIKÓW WODOCIĄGOWCÓW I TECHNIKÓW SANITARNYCH

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, UL. CZACKIEGO 3/5, Tel 89-510 do 89-515

KONTO P. K. O. w WARSZAWIE Nr 1-1133

GAZ, WODA i TECHNIKA SANITARNA

MIESIĘCZNIK

ROK XXIV — LUTY — Nr 2

TREŚĆ:

SODIERŻANIJE:

SOMMAIRE:

IN THIS ISSUE:

GAZ WODA I TECHNIKA SANITARNA

ROK XXIV Nr 2 LUTY 1950

Prcf. IGNACY PIOTROWSKI

Wpływ zbiornika wodno-powietrznego na uderzenia hydrauliczne w przewodzie tłocznym

Uderzenia hydrauliczne w przewodach wodociągowych znane są już od dawna zarówno teoretykom-hydraulikom, jak również praktykom-wodociągowcom i w piśmiennictwie zwłaszcza obcym jest dużo prac poświęconych temu zagadnieniu. Znane jest również hamujące siłę uderzeń hydraulicznych działanie dzwonu powietrznego (zbiornika wodno-powietrznego), umieszczonego na przewodzie tłocznym w pobliżu pompy. Pomimo to jednak przy wyznaczaniu objętości dzwona powietrznego i zawartości w nim powietrza powstają nieraz trudności, które wskazują na potrzebę szczegółowego omówienia tego zagadnienia.

W celu zaznajomienia praktyków-wodociągowców z zasadami obliczania siły uderzenia hydraulicznego i wielkości dzwonu powietrznego na przewodzie tłocznym przy elektropompach przytaczam kilka sposobów obliczania. Tym z czytelników, którzy nie chcieliby zbytnio zagłębiać się w matematykę, a woleliby korzystać z gotowych wyników i wzorów, proponuję pominięcie wywodów matematycznych.

Do poruszenia tego tematu skłania mnie jeszcze ta okoliczność, że w naszym piśmiennictwie technicznym poświęca się na ogół mało uwagi temu zagadnieniu.

Pod uderzeniem hydraulicznym rozumiemy raptowne podwyższenie albo obniżenie ciśnienia w przewodzie wodociągowym, wywołane przez zmianę szybkości wody w nim, np. przez szybkie zamykanie lub otwieranie zasuwy bądź hydrantu, albo też przez raptowne zatrzymanie elektropompy wskutek wyłączenia prądu elektrycznego.

Przypuśćmy, że mamy do czynienia z układem pompowym, wyobrażonym na rys. Nr 1, i że w momencie, gdy ruch elektropompy i szybkość wody w przewodzie tłocznym były ustalone, została elektropompa nagle zatrzymana.

Przebieg uderzenia hydraulicznego będzie następujący. Zawór zwrotny (Zz) przy elektropompie (P) zostanie raptownie zamknięty, ponieważ ciśnienie poza zaworem zwrotnym będzie znacznie większe niż w pompie. Masa wody płynącej w przewodzie tłocznym będzie poruszać się nadal wskutek siły bezwładności w tym samym kierunku do zbiornika górnego (Zb) z szybkością malejącą pod wpływem oporów tarcia w przewodzie tłocznym. Jednocześnie z dzwonu powietrznego (Dz) będzie odpływać woda do przewodu tłocznego a zarazem zwiększać się będzie objętość powietrza w dzwonie i zmniejszać się jego ciśnienie, które spadnie do minimum wtedy, gdy szybkość wody w przewodzie tłocznym zmniejszy się do zera. Od tej chwili woda zacznie płynąć w przewodzie tłocznym w odwrotnym kierunku — od zbiornika górnego do dzwonu powietrznego — i będzie go napełniać, wobec czego objętość powietrza w nim będzie zmniejszać się, a ciśnienie jego będzie wzrastać. Szybkość wody *) w przewodzie tłocznym będzie zwiększać się aż do chwili, gdy osiągnie ona największą wartość przy jednoczesnym dojściu ciśnienia do wielkości równej ciśnieniu hydrostatycznemu H. Od tej chwili szybkość wody w przewodzie tłocznym zacznie zmniejszać się przy dalszym wzroście ciśnienia, aż dojdzie ona znów do zera, a ciśnienie osiągnie wtedy największą wartość, która będzie określać siłę uderzenia hydraulicznego. Tego rodzaju wahania szybkości wody i ciśnienia będą powtarzać się przez pewien czas przy coraz mniejszych amplitudach, aż zanikną zupełnie.

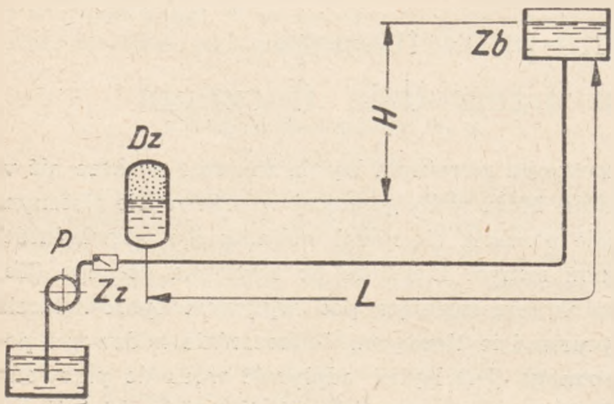
Pod wpływem uderzenia hydraulicznego ciśnienie wody w przewodzie tłocznym wzrasta zwykle znacznie ponad ciśnienie pierwotne, a w niepomyślnych warunkach może nawet przekroczyć dopuszczalne dla materiału przewodu obciążenie i spowodować większe lub mniejsze uszkodzenia jego. Aby zapobiec temu, na początku długich przewodów tłocznych budowane są odpowiedniej wielkości dzwony powietrzne (zbiorniki wodno-powietrzne), których zadaniem jest hamowanie uderzeń hydraulicznych.

---

*) Rozumie się w tym wypadku wartość bezwzględną szybkości, która ze zmianą kierunku zmienia znak.

Przez różnych autorów proponowane są różne metody obliczania uderzeń hydraulicznych i wielkości zbiorników wodno-powietrznych na przewodach tłocznych.

Jedne z tych metod nie uwzględniają w obliczeniach sprężystości materiału przewodu i wody, drugie — bardziej dokładne — stosują te współczynniki Rozpatrzymy w dalszym ciągu jedne i drugie.



Rys. 1.

Dla uproszczenia zagadnienia przyjmiemy, że zmiany objętości powietrza w dzwonie powietrznym odbywają się izotermicznie, co ze względu na dużą zwykle powierzchnię zewnętrzną dzwonu jest bliskie rzeczywistości.

Przyjmiemy następujące oznaczenia:

F_1 — przekrój poprzeczny przewodu tłocznego . . . . . w m^2
F_2 — przekrój poprzeczny dzwonu powietrznego . . . . . w m^2
L — długość przewodu tłocznego . w m
H — pionowa odległość pomiędzy zwierciadłami wody w zbiorniku wodno-pow. i zbiorniku górnym przy t = 0 . . . . w m
t — czas, w którym odbywają się zmiany szybkości wody i ciśnienia . . . . . . w sek.
V — zmienna objętość powietrza w dzwonie powietrznym . . . w m^3
V_0 — początkowa objętość powietrza w dzwonie powietrznym przy t=0 w m^3
p — zmienne ciśnienie absolutne w dzwonie powietrznym . . . w kG/m^2
p_0 — początkowe ciśnienie absolutne w dzwonie powietrznym przy t = 0 . . . . . . w kG/m^2
p_a — ciśnienie atmosferyczne . . w kG/m^2
γ — ciężar wody . . . . . 1000 kG/m^3
g — przyśpieszenie siły ciążenia ziemskiego . . . . . . 9,81 m/sek^2
m — masa wody w przewodzie tłocznym . . . . . . w kg
x — droga środka ciężkości masy wody . . . . . . w m
y — zmiana poziomu wody w dzwonie powietrznym . . . . w m
v — zmienna szybkość środka ciężkości masy wody . . . . w m/sek
v — początkowa szybkość środka ciężkości masy wody przy t = 0 . w m/sek

Pomimo że hamowanie ruchu wody w przewodzie tłocznym odbywa się dzięki oporom tarcia, jednakże w celu określenia wpływu wyłącznie powietrza na zmiany ciśnienia w dzwonie powietrznym wpływ tarcia w niektórych metodach został pominięty.

W pierwszych trzech niżej opisanych metodach nie uwzględnia się sprężystości materiału przewodu i wody, w ostatniej — współczynniki sprężystości są uwzględnione.

I metoda:

Założenie: materiał rury i woda — niesprężyste. Zmiany objętości powietrza w dzwonie powietrznym odbywają się izotermicznie.

Ciśnienie absolutne w zbiorniku wodno-powietrznym przy ruchu ustalonym pompy w chwili zatrzymania jej wynosi:

$$p_0 = H\gamma + p_a .$$

Przy izotermicznych zmianach objętości powietrza w zbiorniku wodno-powietrznym istnieje zależność:

$$pV = p_0 V_0 .$$

Ponieważ: $V = V_0 + F_2 y$, a zarazem $F_2 y = F_1 x$ to $V = V_0 + F_1 x$. Siła, wywołująca ruch masy wody, równa się iloczynowi z masy wody przez przyśpieszenie, czyli:

$$(p - p_0) F_1 = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad . \quad . \quad . \quad , \qquad (1)$$

Ponieważ:

$$m = \frac{L \cdot F_1 \cdot \gamma}{g} \text{ i } p = \frac{p_0 V_0}{V} = \frac{p_0 V_0}{V_0 + F_1 x} = \frac{p_0}{1 + \frac{F_1 x}{V_0}},$$

to otrzymamy ostatecznie równanie różniczkowe:

$$\frac{L \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + p_0 - \frac{p_0}{1 + \frac{F_1 x}{V_0}} = 0 \; , \qquad (2)$$

Ponieważ $\frac{F_1 x}{V_0}$ jest wielkością małą, to możemy przy-

jąć w przybliżeniu, że $\frac{1}{1+\frac{F_1 x}{V_0}} = 1 - \frac{F_1 x}{V_0}$, a wtedy równanie (2) przyjmie następującą uproszczoną postać:

$$\frac{L\gamma}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{p_0 F_1}{V_0} x = 0,$$

albo ostatecznie:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0} x = 0 \quad , \ , \ , \ , \quad (3)$$

Oznaczając: $\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0} = A^2$ otrzymamy równanie:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + A^2 x = 0.$$

Równanie to łatwo rozwiązuje się, jeżeli przyjmiemy, że:

$$-A^2 x = f(x) \quad \text{i} \quad \frac{dx}{dt} = q,$$

wtedy $\frac{d^2 x}{dt^2} = f(x)$ oraz $\frac{dq}{dt} = f(x)$.

Mnożąc obie części ostatniego równania przez q otrzymamy:

$$q \frac{dq}{dt} = q f(x), \quad \text{skąd:} \quad \frac{1}{2} \cdot \frac{d(q^2)}{dt} = q f(x), \quad \text{albo:}$$

$$\frac{d(q^2)}{dt} = 2 \frac{dx}{dt} f(x) \quad \text{i} \quad d(q^2) = 2 f(x)\, dx,$$

Całkując ostatnie równanie, otrzymamy:

$$q^2 = 2 \int f(x)\, dx + c \quad \text{i} \quad q = \pm \sqrt{2 \int f(x)\, dx + c}.$$

Wstawiając zamiast $q = \frac{dx}{dt}$, otrzymamy:

$$\frac{dx}{dt} = \pm \sqrt{2 \int f(x)\, dx + c} \quad \text{i} \quad dt = \pm \frac{dx}{\sqrt{2 \int f(x)\, dx + c}}$$

Jeśli wstawimy $f(x) = -A^2 x$ i $c = \alpha^2 A^2$, to otrzymamy:

$$dt = \pm \frac{dx}{A \sqrt{\alpha^2 - x^2}} \quad \text{i} \quad \int \frac{dx}{\sqrt{\alpha^2 - x^2}} = \pm At$$

Skąd:

$$\arccos \frac{x}{\alpha} = \pm (At + \beta) \quad \text{i} \quad x = \alpha \cos (At + \beta),$$

gdzie β oznacza dowolny stały składnik.

Rozwijając $\cos (At + \beta)$, otrzymamy

$$x = \alpha \cos\beta \cos At - \alpha \sin\beta \sin At.$$

Przyjmując, że $\alpha \cos\beta = c_1$ i $-\alpha \sin\beta = c_2$, otrzymamy:

$$x = c_1 \cos At + c_2 \sin At.$$

Ponieważ zaś: $A = \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L\gamma V_0}}$, to ostatecznie:

$$x = c_1 \cos\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right) + c_2 \sin\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right)$$

Wartości stałych c_1 i c_2 określimy z warunków początkowych. Jeżeli $t = 0$, to $x = 0$ i $\frac{dx}{dt} = v_0$ oraz $\sin 0 = 0$, wobec czego: $c_1 = 0$,

a wtedy: $x = c_2 \sin\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right)$.

Różniczkując to równanie otrzymamy:

$$\frac{dx}{dt} = c_2 \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}} \cos\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right).$$

Ponieważ przy $t = 0$, $\cos 0 = 1$ i $\frac{dx}{dt} = v_0$, to otrzymamy ostatecznie wartość c_2:

$$c_2 = v_0 \sqrt{\frac{L \gamma V_0}{p_0 F_1 g}},$$

a wobec tego

$$\frac{dx}{dt} = v_0 \cos\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right)$$

$$\text{i} \quad \frac{d^2 x}{dt^2} = -v_0 \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}} \sin\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right).$$

Wstawiając w przekształcone równanie siły (1) wartość $\frac{d^2 x}{dt^2}$, otrzymamy równanie przyrostu ciśnienia:

$$p - p_0 = -v_0 \sqrt{\frac{p_0 F_1 L\gamma}{V_0 g}} \cdot \sin\left(t \sqrt{\frac{p_0 F_1 g}{L \gamma V_0}}\right). \quad (4)$$

Jak wynika z tego, krzywą wahań ciśnienia w zbiorniku wodno-powietrznym wyraża sinusoida. Wobec tego okres wahań ciśnienia wynosi:

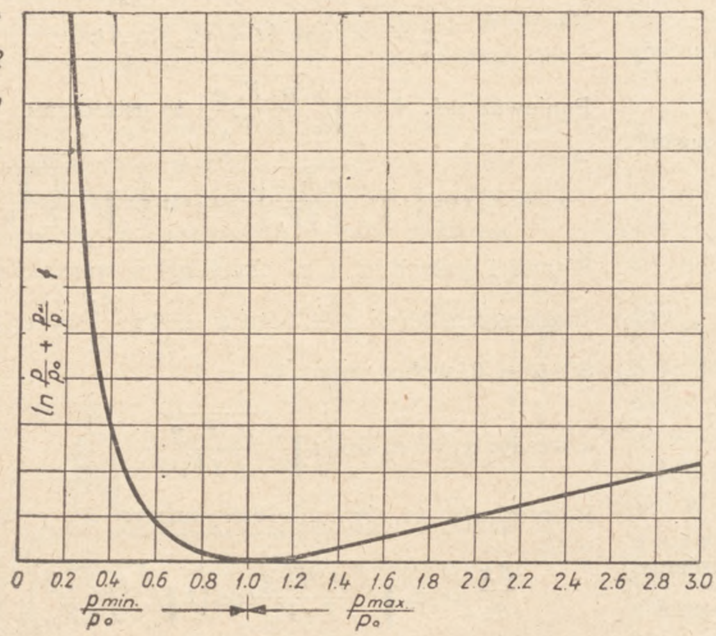
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L \gamma V_0}{p_0 F_1 g}} \text{ sek} \quad , \ , \ , \ , \quad (5)$$

a najmniejsze i największe ciśnienie w zbiorniku wodno-powietrznym wyniesie:

$$p_{min} = p_0 - v_0 \sqrt{\frac{F_1 L \gamma p_0}{g V_0}} \text{ kG/m}^2 \quad , \ , \quad (6)$$

$$p_{max} = p_0 + v_0 \sqrt{\frac{F_1 L \gamma p_0}{g V_0}} \text{ kG/m}^2 \quad , \ , \quad (7)$$

Z tych wzorów wynika, że wahania ciśnienia w zbiorniku wodno-powietrznym wzrastają ze zwiększe-



Rys. 2.

niem 1) początkowej szybkości wody, 2) pojemności przewodu tłocznego i 3) początkowego ciśnienia, a zmniejszają się 4) ze zwiększeniem objętości powietrza w zbiorniku wodno-powietrznym.

Wzór ten nie jest ścisły, błąd zaś jest tym mniejszy im większa jest początkowa objętość powietrza w zbiorniku wodno-powietrznym. Ze wzoru dla p_m, jeżeli przyjmiemy dla niego dopuszczalną wartość ze względu na miejscowe warunki, możemy wyznaczyć potrzebną początkową objętość powietrza V_0.

II metoda:

Z a ł o ż e n i e: materiał rury i woda — niesprężyste. Zmiany objętości powietrza w dzwonie powietrznym odbywają się izotermicznie.

Do wyznaczenia maksimum i minimum ciśnienia w zbiorniku wodno-powietrznym podczas uderzenia hydraulicznego rozwiązujemy równanie różniczkowe (2) bez wprowadzonego w I metodzie uproszczenia.

$$\frac{l\gamma}{g}\cdot\frac{d^2x}{dt^2}+p_0-\frac{p_0}{1+\frac{F_1x}{V_0}}=0\,, \qquad (2)$$

Oznaczając $1+\frac{F_1x}{V_0}=z$ i wyrażając x przez z otrzymamy:

$$\frac{L\gamma V_0}{gF_1}\cdot\frac{d^2z}{dt^2}+p_0-\frac{p_0}{z}=0 \qquad (2a)$$

Oznaczając w dalszym ciągu $\frac{dz}{dt}=q$ i postępując w podobny sposób jak przy rozwiązywaniu równania różniczkowego w I metodzie, otrzymamy:

$$\frac{dz}{dt}=\pm\sqrt{2\int f(z)\,dz+c}=\frac{F_1}{V_0}\cdot\frac{dx}{dt}.$$

Ponieważ wg równania (2a):

$$f(z)=\frac{p_0gF_1}{L\gamma V_0}\left(\frac{1}{z}-1\right)=B\left(\frac{1}{z}-1\right)$$

$$\text{gdzie: } B=\frac{p_0gF_1}{L\gamma V_0}$$

to:

$$\pm\sqrt{2\int B\left(\frac{1}{z}-1\right)dz+c}=\frac{F_1}{V_0}\cdot\frac{dx}{dt},$$

a po wykonaniu całkowania pod znakiem pierwiastka i wstawieniu zamiast B jego wartości otrzymamy:

$$\pm\sqrt{\frac{2p_0gF_1}{L\gamma V_0}\left[ln\left(1+\frac{F_1x}{V_0}\right)-1-\frac{F_1x}{V_0}\right]+c}=\frac{F_1}{V_0}\,\frac{dx}{dt}$$

Wreszcie po odpowiednim przekształceniu otrzymamy:

$$\frac{dx}{dt}=\pm\left[\frac{2p_0gV_0}{L\gamma F_1}\,ln\left(1+\frac{F_1x}{V_0}\right)-\frac{2p_0gx}{L\gamma}+c_3\right]^{1/2}$$

Wartość c_3 określimy z warunku początkowego $t=0$, skąd $x=0$ i $\frac{dx}{dt}=v_0$ a wobec tego $c_3=v_0^2$.

Jeśli wstawimy $\frac{dx}{dt}=v$ i $c_3=v_0^2$, to otrzymamy:

$$v^2-v_0^2=\frac{2p_0gV_0}{L\gamma F_1}\,ln\left(1+\frac{F_1x}{V_0}\right)-\frac{2p_0gx}{L\gamma},$$

albo

$$v^2-v_0^2=\frac{2p_0gV_0}{L\gamma F_1}\left[ln\left(1+\frac{F_1x}{V_0}\right)-\frac{F_1x}{V_0}\right].$$

Ponieważ $1+\frac{F_1x}{V_0}=\frac{V_0+F_1x}{V_0}=\frac{V}{V_0}=\frac{p_0}{p}$ oraz $F_1x=V-V_0$, to otrzymamy:

$$v^2-v_0^2=\frac{2gp_0V_0}{L\gamma F_1}\left(ln\frac{p_0}{p}-\frac{p_0}{p}+1\right).$$

Ponieważ ciśnienie przybiera maksimum lub minimum w chwili, gdy $v=0$, to do wyznaczenia tych wartości otrzymamy równanie:

$$-v_0^2=\frac{2gp_0V_0}{L\gamma F_1}\left(ln\frac{p_0}{p}-\frac{p_0}{p}+1\right),$$

albo

$$v_0^2 = \frac{2gp_0V_0}{L\gamma F_1}\left(ln\frac{p}{p_0} + \frac{p_0}{p} - 1\right) \quad . \; . \; . \quad (8)$$

Do rozwiązania równania (8), którego bezpośrednio rozwiązać nie można, dogodnie będzie zastosować pomocniczy wykres, wyobrażający zależność pomiędzy wartością $\frac{p}{p_0}$ (na osi odciętych), a wartością funkcji $f(p) = ln\frac{p}{p_0} + \frac{p_0}{p} - 1$ (na osi rzędnych).

Dla wartości stosunku $\frac{p}{p_0} = 1$ krzywa przechodzi przez punkt: $(x=1, y=0)$, który dzieli ją na dwie gałęzie — prawą wyznaczającą stosunek $\frac{p_{max}}{p_0}$ i lewą — $\frac{p_{min}}{p_0}$. Ponieważ wartość p_0 jest znana, to łatwo obliczać wartości p_{max} i p_{min} po uprzednim obliczeniu wartości $f(p) = \frac{L\gamma F_1}{2gp_0V_0}v_0^2$, w której wszystkie wielkości są znane.

Z równania (8) wynika, że wahania ciśnienia w zbiorniku wodno-powietrznym wzrastają ze zwiększeniem: 1) początkowej szybkości wody i 2) pojemności przewodu tłocznego, a zmniejszają się 3) ze zwiększeniem początkowego ciśnienia i 4) ze zwiększeniem początkowej objętości powietrza w zbiorniku wodno-powietrznym.

Porównując te warunki w obu metodach, widzimy, że warunki (3) w obu metodach są sprzeczne, pozostałe zaś są zgodne dla obu metod.

III metoda skończonych małych przyrostów:

Z a ł o ż e n i e: materiał przewodu tłocznego i woda — niesprężyste. Zmiany objętości powietrza w dzwonie powietrznym odbywają się izotermicznie.

Jako ciśnienie przyjmujemy ciśnienie dynamiczne. Układ pompowy — jak na rysunku Nr 3.

Przyjęto następujące oznaczenia poza podanymi wyżej:

H — odległość pionowa pomiędzy zwierciadłami wody w zbiorniku górnym i dzwonie powietrznym . . . w m

H_1 — odległość pionowa pomiędzy zwierciadłem wody w dzwonie powietrznym a osią przewodu tłocznego . w m

H_2 — odległość pionowa pomiędzy zwierciadłem wody w zbiorniku górnym a osią przewodu tłocznego . . w m

α — kąt nachylenia osi przewodu tłocznego do poziomu . . . . .

h_v — strata ciśnienia przy przejściu wody z dzwonu powietrznego do przewodu tłocznego . . . . . . w m

h_r — strata ciśnienia w przewodzie tłocznym na długości jego L . . . w m

i — jednostkowa strata ciśnienia w przewodzie tłocznym . . . . . w m/m

Ponieważ ilość wody płynącej przez przewód tłoczny po zatrzymaniu elektropompy będzie się równać ilości dostarczonej przez dzwon powietrzny, to możemy napisać równanie pierwsze:

$$F_2\frac{dy}{dt} = F_1v, \text{ czyli } dy = \frac{F_1}{F_2}vdt \quad . \; . \; . \; . \quad (9)$$

Na podstawie zasady, że masa płynącej wody pomnożona przez przyśpieszenie równa się sile, otrzymamy drugie równanie:

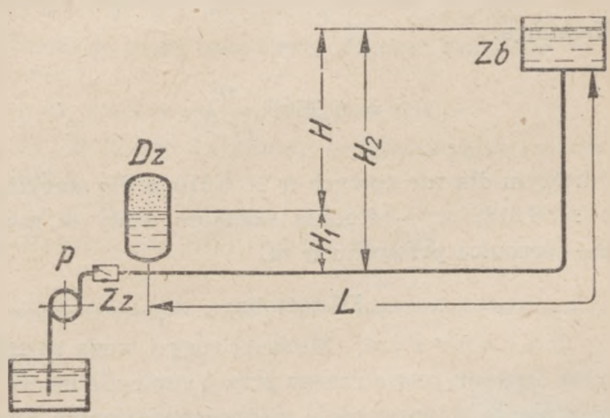
$$\frac{F_1dL\gamma}{g}\cdot\frac{dv}{dt} = F_1dL\gamma\sin\alpha + F_1dp \pm F_1\gamma dLi \pm F_1\gamma h_v.$$

W nim $F_1dL\gamma\sin\alpha$ jest składową siły ciążenia w kierunku osi przewodu wodociągowego, F_1dp — różnicą ciśnienia na oba poprzeczne przekroje słupa wody o długości dL, $F_1\gamma dLi$ — straty ciśnienia z powodu oporów ruchu w przewodzie tłocznym na długości dL i $F_1\gamma h_v$ — strata ciśnienia przy przejściu wody ze zbiornika wodno-powietrznego do przewodu tłocznego. Znaki $\pm$ przy dwóch ostatnich wyrazach zależą od kierunku ruchu wody w przewodzie wodociągowym.

Jeżeli podzielimy równanie przez $F_1\gamma$, to otrzymamy:

$$\frac{dL}{g}\cdot\frac{dv}{dt} = dL\sin\alpha + \frac{dp}{\gamma} \pm idL \pm h_v$$

Po scałkowaniu obu stron równania w granicach od



Rys. 3.

$L = 0$ do $L = L$ i od $p = p_a$ do $p = p_0$, a zarazem po uwzględnieniu, że $\int_0^L \sin\alpha\, dL = H_2$ i że $\int i\,dL = h_r$, otrzymamy:

$$\frac{L}{g}\frac{dv}{dt} = H_2 + \frac{p_a - p_0}{\gamma} \pm h_r \pm h_v.$$

Stąd:

$$dv = \frac{g}{L}\,dt\left(H_2 + \frac{p_a - p_0}{\gamma} \pm h_r \pm h_v\right).$$

Jeżeli wobec zmiennego poziomu wody w zbiorniku wodno-powietrznym i niewielkiej wartości H_1, przyjmiemy, że $H_2 = H \pm dy$, to otrzymamy w ostatecznej postaci równanie drugie:

$$dv = \frac{g}{L}\,dt\left(H \pm dy + \frac{p_a - p_0}{\gamma} \pm h_r \pm h_v\right). \quad . \quad . \quad (10)$$

Trzecie równanie otrzymamy na podstawie przyjęcia izotermicznej zmiany objętości powietrza w zbiorniku wodno-powietrznym:

$$p = \frac{p_0 V_0}{V} = \frac{p_0 V_0}{V_0 + dV} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Wobec trudności rozwiązania tych trzech równań różniczkowych, możemy zamiast różniczek dy, dv i dt przyjąć skończone małe przyrosty Δy, Δv i Δt a zmiany ciśnienia i prędkości obliczać stopniowo — zakładając np. $\Delta t = 2$ sek.

Wtedy wzory przybiorą następującą postać:

$$\Delta y = \frac{F_1}{F_2} v \Delta t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

$$\Delta v = \frac{g}{L}\Delta t\left(H \pm \Delta y + \frac{p_a - p_0}{\gamma} \pm h_r \pm h_v\right) \quad . \quad . \quad (13)$$

$$p = \frac{p_0 V_0}{V_0 + \Delta V} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Do obliczania wartości h_r można użyć jeden z rozpowszechnionych wzorów na stratę ciśnienia, np. wzór Manninga:

$$i = 6{,}35\, n^2 \frac{v^2}{D^{1{,}33}},$$

w którym dla rur nowych $n = 0{,}010$, a dla starych — $n = 0{,}012$; v — średnia szybkość wody w m/sek; D — średnica przewodu w m.

IV metoda:

Z a ł o ż e n i e: Materiał rury i woda są sprężyste. Dzwonu powietrznego przy pompie nie ma. Straty ciśnienia w przewodzie wodno-powietrznym nie są uwzględnione.

Przyjęto oznaczenia:

Δ_1 — nieskończenie małe zmniejszenie objętości wody pod wpływem zmiany ciśnienia $p - p_0$ . . . . w m³

Δ_2 — nieskończenie małe zwiększenie pojemności przewodu wodociągowego pod wpływem ciśnienia $p - p_0$. w m³

D — średnica przewodu wodociągowego . w m

s — grubość ścianki przewodu wodociągowego . . . . . . , w m

E_r — współczynnik sprężystości materiału rury . . . . . , w kG/m²

E_w — współczynnik sprężystości wody . w kG/m²

σ — naprężenie rozciągające w ściankach przewodu wodociągowego . w kG/m²

Za podstawę obliczeń przyjmujemy twierdzenie: siła (ciśnienie) równa się iloczynowi z masy płynącej wody przez przyśpieszenie:

$$(p - p_0)\, F_1 = m\frac{dv}{dt}$$

Ponieważ w czasie dt zmianie ciśnienia $p - p_0$ odpowiada zmiana szybkości $v_0 - v$, to możemy napisać poprzednie równanie w zmienionej postaci:

$$(p - p_0)\, F_1 = \frac{m\,(v_0 - v)}{dt}$$

Wstawiając zamiast $m = \frac{F_1 L\gamma}{g}$ i skracając obie części równania przez F_1, otrzymamy:

$$p - p_0 = \frac{(v_0 - v)\, L\gamma}{g\,dt}, \text{ a stąd: } dt = \frac{(v_0 - v)\, L\gamma}{(p - p_0)\, g}$$

Pod wpływem ciśnienia $p - p_0$ woda w przewodzie tłocznym zostanie ściśnięta i objętość jej zmniejszy się o wielkość

$$\Delta_1 = \frac{p - p_0}{E_w} F_1 L = \frac{p - p_0}{E_w} \cdot \frac{\pi D^2}{4} L,$$

a jednocześnie pojemność rozszerzonego przewodu wodociągowego zwiększy się o

$$\Delta_2 = \left[\frac{\pi}{4}(D + dD)^2 - \frac{\pi D^2}{4}\right] L = \frac{\pi D L\, dD}{2},$$

wyraz $(dD)^2$ jako niezmiernie mały skreślamy.

Wobec tego w przewodzie tłocznym będzie mogła zmieścić się dodatkowa ilość wody:

$$dQ = F_1 dL = \frac{\pi D^2}{4} dL = \Delta_1 + \Delta_2$$

Pod wpływem ciśnienia $p - p_0$ powstanie w ściankach przewodu naprężenie obwodowe $\sigma = \frac{(p - p_0)\, D}{2\,s}$

a jednocześnie odpowiednio do naprężenia σ nastąpi „wydłużenie właściwe" obwodu zgodnie z prawem Hooke'a

$$\sigma = \frac{dD}{D} E_r$$

skąd

$$\frac{p-p_0}{2s} D = \frac{dD}{D} E_r \text{ i } dD = \frac{(p-p_0) D^2}{2 s E_r}.$$

Wstawiając wartość dD do wzoru Δ_2, otrzymamy:

$$dQ = \frac{\pi D^2}{4} dL = \frac{(p-p_0)}{E_w} \cdot \frac{\pi D^2}{4} L + \frac{(p-p_0)\pi D^3 L}{4 s E_r}$$

a po skróceniu przez $\frac{\pi D^2}{4}$ otrzymamy:

$$dL = (p-p_0) L \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{s} \frac{1}{E_r}\right)$$

Ponieważ: $dL = (v_0 - v)\, dt$, to:

$$p - p_0 = \frac{(v_0 - v)\, dt}{L\left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{s} \cdot \frac{1}{E_r}\right)}$$

Wstawiając zamiast dt określoną wyżej wartość

$$dt = \frac{(v_0 - v) L \gamma}{(p - p_0) g},$$

otrzymamy:

$$(p - p_0)^2 = \frac{(v_0 - v)^2 \gamma}{g\left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{s} \cdot \frac{1}{E_r}\right)}$$

i ostatecznie:

$$p - p_0 = \pm \frac{v_0 - v}{\sqrt{\frac{g}{\gamma}\left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{s} \cdot \frac{1}{E_r}\right)}} \quad , \; , \; , \; , \; (15)$$

Wzór (15) możemy przedstawić w postaci:

$$p - p_0 = \pm \frac{a\gamma}{g} (v_0 - v) \quad , \; , \; , \; , \; (16)$$

gdzie:

$$a = \sqrt{\frac{g}{\gamma\left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{s} \cdot \frac{1}{E_r}\right)}}$$

oznacza szybkość przenoszenia się fali ciśnienia w wodzie przewodu wodociągowego.

Średnio można przyjąć:

dla rur stalowych $a \approx$ 1000 m/sek

dla rur żeliwnych $a \approx$ 950 m/sek

Wzór (15) lub (16) jest odpowiedni do wyznaczania wielkości uderzenia hydraulicznego p w wypadku, gdy $v > 0$, tj. gdy zasuwa przy pompie na przewodzie tłocznym nie została całkowicie zamknięta. Uderzenie hydrauliczne powstanie wtedy, gdy czas zamykania zasuwy:

$$T_z < \frac{2L}{a}$$

Jeżeli uderzenie hydrauliczne wywołane jest przez raptowne zatrzymanie elektropompy, to $v = 0$ i wtedy

$$p - p_0 = \pm \frac{v_0}{\sqrt{\frac{g}{\gamma}\left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{s} \cdot \frac{1}{E_r}\right)}} \quad , \; , \; , \; (17)$$

Wartości współczynnika sprężystości E:

Woda	2,07	. 10^8 kG/m²
Stal	2	. 10^{10} kG/m²
Żeliwo	1	. 10^{10} kG/m²
Beton	2	. 10^9 kG/m²
Drewno	1	. 10^9 kG/m²
Ołów	5	. $10^8 \div 2 . 10^7$ kG/m²

(D. c. n.)

PIŚMIENNICTWO

Dr Karol Pomianowski i Dr Kazimierz Wóycicki — Uderzenia wodne w przewodach tłocznych zakładów wodociągowych. Akademia Nauk Technicznych, 1934 r.

Inż. R Czyżowski, — Sposób obliczenia powietrznika do pompy odśrodkowej, Przegląd Techniczny, Nr 15 i 18, 1935 r.

I. G, Jeśman, — Gidrawlika, 1947 r.

M. D. Czertousow, — Spiecjalnyj kurs gidrawliki, 1949 r.

Ing. W. L, Boerendans, — Druckwindkessel und Kreiselpumpen, GWF. Nr 48 i 50, 1940,

32 ROCZNICA POWSTANIA ARMII RADZIECKIEJ —

— świętem całego obozu pokoju
— świętem mas pracujących całego świata!

Dr inż. V. SLIVA
Czechosłowacja

Konwersja gazu ziemnego

W Europie Zachodniej, a zwłaszcza w Ameryce, gaz ziemny oraz lekkie węglowodory ciekłe od dłuższego już czasu znajdują zastosowanie do celów ogrzewczych. Oba te rodzaje paliw posiadają znacznie niższą szybkość spalania, niż normalny, bogaty w wodór gaz świetlny — i na skutek tego wymagają użycia specjalnych palników. Toteż w ostatnich czasach, celem uniknięcia tej niedogodności, używa się omawiane paliwa w mieszaninie z innymi gazami bogatymi w wodór, względnie najpierw otrzymuje się z tych paliw gaz bogaty w wodór, następnie zaś dla podwyższenia kaloryczności miesza się go z paliwem niezmienionym i dopiero w tej postaci rozprowadza. Konwersja gazu ziemnego lub innych węglowodorów parafinowych albo inaczej pirogeniczna przeróbka gazów o charakterze parafinowym, mająca na celu produkcję mieszaniny bogatej w wodór — posiada ogromne znaczenie nie tylko w gazownictwie, lecz także przy produkcji samego wodoru oraz jego mieszanki z tlenkiem węgla do syntezy paliw płynnych, syntezy amoniaku itp. Tu właśnie tkwi istotny powód, dlaczego pirogeniczne procesy metanu i jego homologów budzą obecnie bardzo szerokie zainteresowanie i są przedmiotem licznych prac badawczych. W świetle dotychczasowych osiągnięć laboratoryjnych i na skalę techniczną konwersji można poddawać następujące surowce: gaz ziemny, propan, butan, gazy odpadkowe, uzyskiwane przy wydobywaniu oraz przeróbce ropy naftowej i gazów ziemnych, gazy odpadkowe, powstające przy produkcji benzyny syntetycznej, względnie przy procesach o charakterze krakingu; wreszcie surowcem może być także czysty gaz węglowy, zawierający ok. 1/3 metanu, który na drodze procesów pirogenicznych daje się przeprowadzić w mieszaninę wodoru i tlenku węgla o składzie odpowiednim do syntez, bądź procesów uwodorniania.

Jest rzeczą wielce znamienną, iż w rozpatrywanych pracach spotykamy się z reakcją chemiczną, która po pierwszej wojnie światowej budziła szerokie zainteresowanie, między innymi także i w związku z usuwaniem tlenku węgla z gazu świetlnego w tak zwanym procesie „odtruwania". W procesie tym, jak wiadomo tlenek węgla zostaje zredukowany w obecności wodoru jednym ze znanych sposobów do metanu. Przedmiotem naszego zainteresowania będzie odwrotna reakcja, a mianowicie: rozkład metanu w obecności pary wodnej lub tlenu na wodór i tlenek węgla.

Rozpatrzmy najpierw reakcję termicznego rozkładu metanu:

$$I.\quad CH_4 = C + 2H_2 \quad (-17{,}89\ kcal)$$

Reakcja I w wysokich temperaturach nie przebiega do końca. Jest ona w szczególności podstawą produkcji sadzy, jednakże jej wydajność %-owa jest niska, gdyż rozkład nie zachodzi tak prosto, jak to pokazuje przytoczone równanie, równocześnie bowiem, na skutek pirogenezy, powstają przy tym i inne gazy, jak np. acetylen i jego homologi, które mogą dawać następnie wyższe węglowodory. Reakcja powyższa interesuje nas o tyle, iż towarzyszy ona reakcjom metanu z parą wodną, bądź z tlenem, zakłócając przebieg tych procesów niepożądanym wydzielaniem się węgla w postaci sadzy. Jest ona prawdopodobnie reakcją przejściową przy powstawaniu CO i H_2 (zgazowanie węgla elementarnego in statu nascendi).

$$\begin{aligned} II.\quad & a)\ CH_4 + H_2O = CO + 3H_2 \quad (-49{,}27\ kcal/l)\\ & b)\ CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2 \quad (-39{,}43\ kcal/l)\\ & c)\ C + H_2O = CO + H_2 \quad (-31{,}38\ kcal/l)\\ & d)\ C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 \quad (-21{,}51\ kcal/l)\\ & e)\ CO + H_2O = CO_2 + H_2 \quad (+9{,}83\ kcal/l) \end{aligned}$$

Reakcje IIa względnie IIb są odpowiednio kombinacją reakcji I + IIc, względnie I + IId: węgiel in statu nascendi z pirolizy I natychmiast reaguje z parą wodną według reakcji IIc. Przy większym nadmiarze pary wodnej i w niższej temperaturze przeważa reakcja II d, co zresztą łatwo daje się wytłumaczyć na podstawie niższego skutku cieplnego tej ostatniej, również egzotermicznej reakcji. Reakcja IIe, przebiegająca jako uboczna kosztem wytworzonego CO, jest jedyną reakcją egzotermiczną w układzie II. Przebiega ona w niższych temperaturach i w pewnych warunkach mogłaby być przyczyną kalorycznych strat za generatorem. Reakcja ta jest o tyle interesująca, że stosowano ją już dawno, jak to wyżej zaznaczono, do „odtruwania" gazu świetlnego, a można by się nią także posłużyć do dalszego wzbogacenia w wodór mieszaniny końcowej.

Reakcja

$$2\,CO + H_2O = CH_4 + CO_2 \quad (-59{,}11\ kcal)$$

jest jedną z odwracalnych reakcji, wytwarzających przy podwyższonym ciśnieniu i w pewnych określonych warunkach z powrotem metan.

$$
\begin{aligned}
III.\ a)\ & CH_4 + \tfrac{1}{2}O_2 = CO + 2H_2 && (+\ 7{,}0\ kcal)\\
b)\ & CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O && +213{,}5\ kcal)\\
c)\ & C + \tfrac{1}{2}O_2 = CO && (+\ 26{,}42\ kcal/l)\\
d)\ & C + O_2 = CO_2 && (+\ 94{,}05\ kcal/l)\\
e)\ & CO + \tfrac{1}{2}O_2 = CO_2 && (+\ 67{,}63\ kcal/l)\\
f)\ & H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 = H_2O && (+\ 57{,}80\ kcal/l)\\
g)\ & C + CO_2 = 2CO && (-\ 41{,}22\ kcal/l)
\end{aligned}
$$

Reakcja IIIa jest słabo egzotermiczna, toteż wywiązujące się ciepło nie wystarcza (szczególnie wówczas, gdy zamiast tlenu używa się powietrza) na pokrycie strat cieplnych w gazie odlotowym oraz strat powstających na skutek promieniowania. Dlatego też celem podtrzymania procesu należy dostarczać ciepło z zewnątrz, względnie doprowadzić w małym nadmiarze tlen, bądź powietrze, wówczas bowiem część metanu spala się wg. reakcji IIIb i wydzielone ciepło pokrywa straty, utrzymując temperaturę reakcji IIIa na odpowiedniej wysokości. Węgiel wydzielony na skutek pirolizy metanu zostaje zgazowany za pomocą pary wodnej doprowadzanej stale w małych ilościach do strefy reakcyjnej (reakcje IIc i IId). Na małą skalę mogą przebiegać również reakcje IIIc i IIId oraz reakcja redukcji IIIg. Wreszcie reakcje IIIe i IIIf są częściowym rozwinięciem sumarycznej reakcji IIIb, która, jako trójcząsteczkowa, nie może przebiegać tak prosto jak pokazuje równanie.

Z wyżej przytoczonych procesów w układach I, II i III praktyczne zastosowanie znalazły tylko takie metody, które opierają się na reakcjach endotermicznych z parą wodną, a w ostatnim czasie także metody oparte na częściowym utlenianiu metanu czystym tlenem, bądź powietrzem. Metody te omówimy obecnie szczegółowo.

Zgodnie z reakcją sumaryczną:

$$(IIa)\quad CH_4 + H_2O = CO + 3H_2 \quad (-\ 49{,}27\ kcal)$$

na każdą jednostkę objętości metanu zużywa się jednostkę objętości pary wodnej, czyli na 1 m³ metanu zużywa się 18/22,41 = 0,803 kg pary wodnej. W warunkach zaś ruchowych zapotrzebowanie pary jest prawie dwukrotnie większe.

Otrzymany gaz posiadałby objętość czterokrotnie większą od objętości metanu i wykazywałby następujący skład:

25% CO
75% H_2 oraz ciepło spalania 3050 kcal.

Dla otrzymania gazu o cieple spalania 4350 kcal należałoby zmieszać konwertowany gaz z metanem w stosunku: 80% : 20%; skład tej mieszanki byłby ostatecznie następujący:

20% CO
60% H_2
20% CH_4

W celu zatem wytworzenia 1 m³ gazu świetlnego o cieple spalania 4350 kcal należałoby użyć 0,4 m³ metanu (poza metanem zużytym dla podtrzymania procesu). Ponieważ jednak reakcja nie przebiega ilościowo wg. wyżej podanego równania, lecz także i wg. sumarycznej reakcji (IIb)

$$(IIb).\quad CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2$$

oraz innych reakcji, poza tym ponieważ część metanu opuszcza konwertor w stanie nieprzereagowanym, przeto skład końcowego gazu jest nieco odmienny. W gazie tym znajdujemy dwutlenek węgla, tworzący się kosztem tlenku węgla, a zawartość CO jest na skutek tego nieco niższa, niż podano wyżej.

Teoretyczny skład gazu zgodnie z równaniem IIb jest następujący: 20% CO_2 i 80% H_2 oraz ciepło spalania 2450 kcal, a wzrost objętości w stosunku do użytego do konwersji metanu jest pięciokrotny. Obie reakcje (IIa i IIb) są silnie endotermiczne i przebiegają przeto wyłącznie w wysokich temperaturach. Musimy zatem doprowadzać energię celem pokrycia: 1) ujemnego skutku cieplnego reakcji i 2) wszelkich strat (ciepło wypromieniowane przez konwertor oraz ciepło unoszone przez produkty reakcji, a niewykorzystane np. do wytwarzania i przegrzewania pary wodnej, względnie podgrzewania doprowadzonego CH_4).

Zużycie metanu na 1 m³ wytwarzanego gazu świetlnego jest więc w rzeczywistości większe, niż to podaje równanie reakcji. Stosowane w praktyce metody konwersji różnią się między sobą ilością energii cieplnej niezbędnej do wyprodukowania 1 m³ gazu miejskiego; miarą tej energii może być w naszym przypadku zużyty do tego celu metan. Energia cieplna związana w wytworzonym gazie świetlnym wyrażona w %-ch ogólnej ilości energii zużytej (cały zużyty metan + para + opał) nazywa się globalną sprawnością procesu. Wielkość ta w metodach z dobrą rekuperacją ciepła może przekraczać nawet 90%. Sprawność samego procesu konwersji, tzw. sprawność termiczna, (czyli obliczona w stosunku do gazu konwertowanego, a nie mieszanego gazu miejskiego) jest, oczywiście, niższa, lecz w metodach dobrze opracowanych bliska jest wartości 90%.

Reakcja metanu z parą wodną w wyższych temperaturach nie jest właściwie niczym innym, jak wytwarzaniem gazu wodnego z metanu. Można go również produkować z propanu, butanu, lekkiej benzyny i innych węglowodorów. Gaz wodny wytworzony na tej drodze miesza się następnie z wyjściowym wysokoka-

lorycznym gazem, otrzymując normalny gaz miejski o odpowiednim składzie i własnościach.

Ciepło potrzebne do produkcji gazu konwertowanego doprowadza się bezpośrednio, bądź pośrednio.

W systemie z pośrednim doprowadzaniem ciepła konwertor jest ogrzewany specjalnymi palnikami; w konwertorze są zmontowane ogniotrwałe metalowe lub szamotowe rury, bądź retorty, zawierające w większości wypadków katalizator na odpowiednim nośniku. W tych metodach musi być, oczywiście, przewidziana możliwie dobra rekuperacja ciepła. Produkcja jest ciągła.

Systemy z bezpośrednim doprowadzaniem ciepła pracują z reguły periodycznie, jak to ma miejsce w generatorach i piecach do tego celu specjalnie przystosowanych. Faza ogrzewania (spalanie CH_4, innych gazów lub węgla) i faza właściwej konwersji (proces endotermiczny, ciepło zostaje zużyte na rozkład), następują kolejno po sobie. Wydaje się wszakże, iż tam, gdzie stoi do dyspozycji tani tlen, można będzie zrealizować również i w tym systemie ciągły proces produkcyjny. Metoda taka posiadałaby duże znaczenie w zakładach produkujących syntetyczne paliwa płynne, które mogłyby swe odpadkowe gazy, złożone z niskich węglowodorów parafinowych przerabiać łatwo znów na gaz wodny, względnie w przypadku istnienia odpowiedniego zapotrzebowania, także i na normalny gaz świetlny. Ciepło niezbędne do rozkładu można by w tych warunkach uzyskać z reakcji między doprowadzanym tlenem a metanem, bądź też produktami reakcji. Jednakże ta metoda postępowania wymaga wypróbowania i przepracowania.

Metody stosowane w technice.

I) Metoda Courrieres-Kuhlmana jest jedną z najstarszych, która pracuje jeszcze bez katalizatora i stosuje do produkcji mieszaniny H_2+CO termiczną dysocjację metanu w obecności pary wodnej; proces odbywa się w dwóch identycznych piecach. Strefa reakcyjna, w której panuje temperatura ok. 1500° C, posiada wypełnienie bogate w glin (72—75% Al_2O_3) i odporne na temperatury powyżej 1700° C. Za piecem znajduje się rekuperator, z którego gaz wychodzi w temperaturze ok. 200 — 250° C. Za pośrednictwem specjalnego urządzenia zachodzi w czasie pracy zmiana faz w następującej kolejności: faza podmuchu, faza przedmuchu i — właściwej konwersji.

Powietrze wdmuchuje się do pieca pod ciśnieniem 60 mm Hg przy wyjściu z generatora ciśnienie wynosi 150 mm słupa wody. Gaz zawsze zawiera nieco sadzy; usuwa się ją w rotacyjnej płuczce Theisena. Zawartość sadzy wynosi ok. 5 g/m³ gazu i zależna jest od panującej w danej chwili temperatury oraz ilości dodawanej pary. Również i skład mieszaniny gazu ulega wahaniom. Teoretycznie objętość gazu jest 3-krotnie większa w stosunku do objętości konwertowanego metanu, w rzeczywistości zaś otrzymuje się objętość 2-krotną, gdyż część metanu zużywa się na ogrzewanie, część zaś na przedmuchiwanie. W warunkach sprzyjających można osiągnąć sprawność termiczną bliską 90%. Jeśli jednakże pracuje się w wysokiej temperaturze i przy wyższym podaniu pary, wówczas globalna sprawność może obniżyć się nawet do wartości 77%.

Opisana wyżej metoda jest dowodem, iż termiczną przeróbkę metanu można prowadzić bez udziału katalizatora.

II. Konwersja w generatorze na gaz wodny

Gaz ziemny można również łatwo poddawać konwersji bezpośrednio w generatorze na gaz wodny i to bez specjalnych nakładów inwestycyjnych. Gaz ziemny wprowadza się łącznie z parą wodną w fazie dmuchania przy pomocy eżektora parowego. W charakterze paliwa używa się koksu. Skład gazu może wahać się w szerokich granicach. I tak np. przy przeróbce gazu ziemnego o następującym składzie:

CH_4	92.2%
C_2H_6	3.9%
C_3H_8	1,0%
N_2	2,9%

otrzymuje się gaz o składzie:

CH_4	26,4%
CO_2	3,6%
CO	15,3%
H_2	40,8%
N_2	13,9%

Gaz miejski o cieple spalania 5425 kcal m³ ma w przybliżeniu następujący skład:

CO_2	2,8%
CO	11,7%
H_2	31,0%
CH_4	43,2%
N_2	11,3%

Zawiera on 24% gazu ziemnego oraz 76% gazu konwertowanego. Zużycie koksu na 100 m³ gazu konwertowanego wynosi 21 kg, zaś na 100 m³ gazu miejskiego — 16 kg. Sprawność termiczna tego procesu wynosi około 80%, sprawność globalna — 85%.

III. Konwersja w retortach pionowych.

Gazownia w Tarbes w południowej Francji na skutek długotrwałego braku węgla przystąpiła w grudniu

1945 r. do surogowania części gazu węglowego gazem ziemnym w ilości ok. 1/3. Ponieważ przy użyciu powyższej mieszanki bardzo szybko wyszły na jaw u odbiorców zakłócenia, związane z nieprawidłowym funkcjonowaniem normalnego sprzętu gazowego, przeto w późniejszym czasie zaniechano tego sposobu mieszania i przystąpiono do poszukiwania innych rozwiązań. Ostatecznie postanowiono prowadzić krakowanie gazu ziemnego w obecności pary wodnej i do tego celu zamówiono urządzenie marki amerykańskiej „Herkules" (porównaj niżej). Z uwagi jednak na fakt, iż terminy dostawy były zbyt odległe, a sytuacja stawała się coraz bardziej krytyczna, zdecydowano w wypadku ostatecznym posłużyć się dla prowadzenia procesu krakowania rozżarzonym wypełnieniem koksowym retort syst. Glover-West. Ponieważ ten sposób pracy jest w dużej mierze oryginalny i daje interesujące wyniki, oraz z uwagi na to, że autor miał sposobność osobiście oglądać i przestudiować (2) tok pracy, przeto celowym wydaje się bliższe omówienie tej metody konwersji. Zastosowane piece są trójretortowe. Każda z retort o dobowej zdolności odgazowania 2800 kg węgla dawała przy wydajności 45 m³ gazu ze 100 kg węgla najwyżej 1300 m³ gazu/24 godz. Piece były w stosunkowo dobrym stanie po 2½ latach eksploatacji. Szpary retort starannie uszczelniono, a ogrzewanie ich uregulowano w ten sposób, aby temperatura na całej wysokości pieca była o ile możności stała (od 3-ej aż do 7-mej kondygnacji 1200 — 1250° C). Ponieważ w późniejszym czasie piec opalano wyłącznie gazem ziemnym zaszła konieczność zamontowania na każdej kondygnacji palników o specjalnej konstrukcji, a mianowicie: — niskociśnieniowych palników, pracujących przy 30 mm słupa wody. W tych warunkach nie zachodziła potrzeba rozcieńczania gazu ziemnego gazami spalinowymi. Ponieważ działanie płomienia palnika jest zbyt jednostronne i kierunkowe, toteż jednostajną temperaturę w całym przekroju dało się zrealizować dopiero przez zastosowanie zmian w doprowadzeniu powietrza wtórnego. Przy prowadzeniu ogrzewania wyżej opisanym sposobem można było osiągnąć znacznie wyższe temperatury, niż to mogło mieć miejsce przy ogrzewaniu gazem wytwarzanym w generatorach wbudowanych. Przy ogrzewaniu nawęglonym gazem generatorowym (próby te czyniono na początku) z doprowadzeniem go do najniższej kondygnacji nie udało się osiągnąć niezbędnego jednostajnego rozkładu temperatury, pomijając już nawet fakt, że spalanie było w tych warunkach niezupełne. Należy zaznaczyć, że przy ogrzewaniu palnikami poszczególnych kondygnacji zmuszeni jesteśmy pracować ze znacznym nadmiarem powietrza, co sprawia, iż zawartość tlenu w gazach spalinowych dochodzi aż do 8%.

Powyższy sposób ogrzewania daleki jest zatem od doskonałości i wymaga przeto dalszego rozpracowania.

W maju 1947 r. rozpoczęto pierwsze kampanie doświadczalne, w czerwcu zaś w ruchu były już dwa piece, a przed zimą tegoż roku zamierzano uruchomić baterię z trzech pieców. W celu lepszego zrozumienia procesu krakowania gazu ziemnego zapoznajmy się pokrótce z urządzeniami pomocniczymi. Gaz i parę doprowadza się do dolnego zasobnika przelotowego, w którym odbywa się schładzanie koksu z retorty. Dozowanie odbywa się przy pomocy manometru różnicowego podłączonego przed i za dyszą, która znajduje się w przewodzie doprowadzającym. Gaz ziemny po zredukowaniu ciśnienia pod jakim jest doprowadzany, przechodzi przez gazomierz, następnie — przez wyżej wymienioną dyszę i wreszcie wchodzi pod ślimacznicę ekstraktora koksu. Do ekstraktora podłączony jest także przewód parowy, w którym znajduje się dysza (6 mm). Spadek ciśnienia wywołany obecnością dyszy w przewodzie parowym kontroluje się za pomocą manometru różnicowego. Przy przejściu warstwy reakcyjnej wytwarza się krakowany gaz, który następnie poprzez normalną odbieralnicę smołową przechodzi do chłodnicy i skrubera o wypełnieniu koksowym. Po ochłodzeniu porywany jest normalnym ekshausterem gazowym. Ekstraktor koksowy pracuje na najmniejszych obrotach. Wydalany (w mniejszym lub większym stopniu przereagowany) koks zastępuje się nowym. Wydalanie koksu jest konieczne, by można było kontrolować jego stan, tj. obserwować, czy nie zachodzi lokalne tworzenie się szlaki, bądź też czy jego pory nie zatykają się sadzą. Również winna odbywać się częstsza kontrola gazu, głównie, z punktu widzenia zawartości w nim sadzy; sadza bowiem może stać się przyczyną zatykania odbieralnicy, względnie spowodować zanieczyszczanie przewodów. Poza tym należy starannie kontrolować temperaturę pieca i utrzymywać ją na stałej wysokości.

W omawianym wypadku normalny przebieg procesu krakowania ustalił się przy obciążeniu retorty 35 do 40 kg pary i 20 m³ metanu na godzinę oraz wydajności 70 — 75 m³ gazu krakowanego o następującym składzie:

CO_2	7,2%	H_2	63,2%
O_2	0,6%	CH_4	4,0%
CO	18,0%	N_2	7,0%

Ciepło spalania 2875 do 2900 kcal. Sprawność konwersji wynosiła 84%.

Celem preparacji gazu miejskiego o wyższej kaloryczności, a mianowicie 5500 kcal, miesza się go z gazem ziemnym (o 9600 kcal) w stosunku 60% : 40%. Gaz preparowany ma prawie taki sam skład jak gaz wę-

glowy i dzięki temu pali się zupełnie dobrze w normalnych palnikach. Wydajność pieca jest znacznie wyższa niż przy zwykłym odgazowaniu węgla.

W czasie pracy mogą zachodzić następujące zakłócenia:

a) Wydajności retorty nie można forsować poza pewną granicę: przy doprowadzeniu powyżej 25 m^3 metanu na godzinę (45 kg pary) wzrasta nagle w gazie krakowanym zawartość niekonwertowanego metanu oraz równocześnie pojawia się sadza.

b) Jeśli dopływ metanu jest za mały, szybko zużywa się warstwa koksu, który ulega zgazowaniu wobec nadmiernej ilości pary (wytwarzanie zwykłego gazu wodnego).

c) Wobec za małej ilości doprowadzanej pary wodnej zachodzi osadzanie się na koksie sadzy, koks pęcznieje i może w tych warunkach zawisnąć w retorcie.

d) Przy nadmiernych ilościach pary wypełnienie koksowe ochładza się, na skutek czego w gazie wzrasta zawartość dwutlenku węgla oraz metanu, który przechodzi przez warstwę koksu w postaci niezmienionej.

Jeśli proces krakowania prowadzi się bez dodatku pary, wówczas wzrasta zawartość wodoru w gazie aż do 72 — 75% i odwrotnie, z chwilą zaprzestania doprowadzania metanu, to jest przy produkcji samego tylko gazu wodnego z koksu, zawartość wodoru spada do 45% (jednocześnie wzrasta zawartość CO do 42%, zaś — CO_2 do 8%).

Koks wywiera zapewne wpływ katalityczny na rozkład metanu, wszakże działanie to wydaje się być ograniczone; reakcja przebiaga w temperaturze od 1000° C (wewnątrz retorty) do 1100° C (przy ściankach retorty), czyli w temperaturze o 200 — 300° C niższej, niż przy krakowaniu bez katalizotora (np. na ogniotrwałym wymurowaniu). Jeśli proces jest prowadzony prawidłowo, tylko mała część koksu ulega zużyciu (zgazowaniu); ilość ta jest nieznaczna, wynosi bowiem około 300 kg/24 godz. na piec. Ogólnie biorąc, lepiej jest doprowadzać do retorty pewien nieznaczny nadmiar pary i zgazowywać przy tym nieco większą ilość koksu, niż narażać się na niebezpieczeństwo tworzenia się sadzy.

Ciśnienie gazu w retorcie powinno się utrzymywać na poziomie zerowym, względnie nieco wyżej zera. Jeśli przez górne pokrywy odbywa się zasysanie powietrza, wówczas następuje spalanie części gazu, przy czym głowice retort rozgrzewają się. Zjawisko to przy krakowaniu gazu bardzo niepożądane, nie występuje nigdy w tak szkodliwej formie przy normalnym odgazowaniu węgla, gdyż wówczas górna część retorty posiada z reguły niższą temperaturę, chłodzona jest bowiem świeżym węglem nanoszonym w sposób ciągły.

Teoretyczny bilans cieplny w piecu trójretortowym kształtuje się następująco:

R o z c h o d y:

do ogrzewania retort (ogrzewanie gazu ziemnego, pary, oraz pokrycie ciepła reakcji endotermicznej) potrzeba przy 50%-wej sprawności ogrzewania 950 m^3 gazu ziemnego (w praktyce ok. 1050 m^3/24 godz.),

do konwersji 1500 m^3

do preparacji 3500 m^3

ogółem: 5950 m^3 gazu ziemnego o kaloryczności 9600 kcal.

P r z y c h o d y:

gazu krakowanego 5250 m^3, który preparuje się gazem ziemnym w ilości 3500 m^3,

ogółem 8750 m^3 gazu użytkowego miejskiego o kaloryczności 5500 kcal.

Sprawność globalna zatem wynosi 85%, w normalnym ruchu osiąga się jednak — zaledwie 80—82%. Nie jest więc ona zupełnie zadawalająca. Z drugiej jednak strony należy przyznać, iż w opisanej metodzie zaoszczędza się dużo kłopotliwej pracy, jakiej wymagają generatory wbudowane. Sprawność można by było podwyższyć przez zastąpienie koksu odpowiednio dobranym, aktywniejszym wypełnieniem przestrzeni reakcyjnej. Wymieniona wyżej gazownia zamierzała przystąpić do prób z napełnieniem retort katalizatorem niklowym. Wówczas stacja krakingowa mogłaby pracować zupełnie samodzielnie i nie byłoby konieczności wiązania jej z wytwórnią opartą na odgazowaniu węgla, jak i też uzależniać jej ruchu od dowozu koksu.

Można oczekiwać, że wydajność retorty przy obniżeniu temperatury reakcji do 760° C zostanie w przybliżeniu podwojona.

Nie od rzeczy będzie w tym miejscu zdać sobie sprawę z niektórych charakterystycznych cech wyżej opisanego sposobu przeróbki gazu ziemnego w zestawieniu z normalnym odgazowaniem węgla w retortach. W metodzie pierwszej mianowicie oszczędza się dużo sił roboczych w piecowni, przy nanoszeniu, przy generatorach, przy aparaturze oczyszczającej; następnie, praktycznie biorąc, odpada w ogóle czyszczenie gazu na drodze chemicznej i fizycznej; odpada wreszcie cały szereg inwestycji i prac konserwacyjnych; uproszczeniu ulega kontrola, ruch itp. Stąd nasuwa się prosty wniosek, iż tam, gdzie mamy do dyspozycji dużo taniego gazu ziemnego, wskazane jest zastosowanie do jego konwersji wyżej opisanej metody, co daje się zrealizować przy minimalnych nakładach inwestycyjnych.

Wyniki konwersji gazu ziemnego na rozżarzonym wypełnieniu koksowym

Dopływ pary kg/godz.	25				35				40	45					55
Dopływ gazu ziemnego m^3/godz.	10	15	18	25	10	15	20	25	20	15	20	25	20	25	25
Produkcja gazu m^3/godz.	40	57	65	70	50	60	70	72	76	66	73	74	82	82	96
Skład gazu w %:															
CO_2	5,8	5,2	5,0	5,0	7,4	6,0	6.0	6,0	7,2	9,0	7,8	7,2	7,8	7,2	7,0
O_2	0,6	0,8	0,4	0,6	1,0	0,8	0,8	0,2	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	1,2
CO	20,8	21,6	20,8	16,8	22,0	21.6	19,4	17	18,0	18.4	16,8	15,2	16	14	15,2
H_2	57,6	65,6	63,2	56,0	58,6	65 0	62,0	60,0	63,2	67,4	69.0	62,4	66,4	62,2	65,6
CH_4	1,6	1,6	6.0	14,2	2.6	2,6	5,8	12,4	4,0	3,0	4,4	9,2	5,0	10,6	4.0
N_2	14,2	5,2	4,6	7,4	8,4	4,0	6,0	4 4	7,0	1,6	1.6	5 4	4,4	5,4	6,0
Ciepło spalania Kcal.	2570	2840	3170	3610	2710	2900	3060	3560	2875	2930	3065	3270	3000	3460	2895

Wyniki konwersji gazu ziemnego w retortach na rozżarzonym wypełnieniu koksowym są podane w załączonej tablicy.

IV. Reakcje pirolityczne przy udziale katalizatora.

Do pirolitycznych procesów konwersji zaproponowano cały szereg katalizatorów, jednak, bezsprzecznie, największe dotąd znaczenie zdobył sobie katalizator niklowy. Techniczne metody zostały przepracowane przeważnie w Ameryce. Wszystkie one wymagają zewnętrznego doprowadzenia ciepła. Z szeregu znanych metod opisana tu będzie tylko najważniejsza, a mianowicie:

Metoda „Herkules" — została opracowana w Ameryce; we Francji po raz pierwszy posłużyła się nią firma La Soc. Chimique de la Grande Paroisse w Paryżu. W charakterze katalizatora stosuje się delikatnie rozpylony nikiel, otrzymywany przez zredukowanie soli niklu na podłożu glinokrzemowym (silikoaluminiowym). Tak przygotowanym katalizatorem napełnia się rurki z tworzywa nieutleniającego (20% Cr, 25% Ni). Gaz ziemny nie powinien zawierać siarkowodoru, a o ile możności, w ogóle związków siarki. Rurki są wygrzewane z zewnątrz w piecu przy pomocy palników w temperaturze 1000° C. Wewnątrz rurek w warstwie katalizatora panuje temperatura ok. 700°C.

Gaz krakowany posiada w przybliżeniu 4-krotnie większą objętość w stosunku do objętości rodzimego gazu ziemnego. Skład gazu krakowanego jest następujący:

CO_2	4%	CH_4	2%
CO	16%	N_2	2%
H_2	76%	ciepło spalania 3096 kcal	

Sprawność termiczna konwersji wynosi 83%. Gazownia konwertująca gaz ziemny tą metodą przy dziennym oddaniu 30.000 m^3 gazu zatrudnia 2-ch ludzi na każdą zmianę, a poza gazem ziemnym zużywa na dobę 80 kWh energii elektrycznej, 100 m^3 wody studziennej i 30 m^3 wody miejskiej.

Należy oczekiwać, iż na drodze doboru bardziej aktywnego katalizatora można będzie jeszcze wydatniej obniżyć temperaturę reakcji. W tego rodzaju urządzeniach można pracować również i w niższych temperaturach, jeżeli celem konwersji ma być gaz do bezpośredniego spożycia; będzie on wtedy zawierał większą ilość nieprzereagowanego metanu. Najmniejsza stacja typu „Herkules", jaką może firma dostarczyć, posiada dobową wydajność 4000 m^3 gazu miejskiego o cieple spalania 5500 kcal. Schemat urządzenia przedstawiony jest na rys. 1.

Poza gazem ziemnym można także krakować i homologi metanu. Firma General Oil Gas Corp. wprowadziła sposób Davis'a (4), który posługuje się normalnym generatorem z nawęglaczem; generator taki pracuje w trzech, niezależnych od siebie i po sobie następujących fazach. W temperaturze 704° C krakuje się propan na katalizatorze z czystego drutu niklowego. Skoro temperatura spadnie do 566° C, wydzielone sadze ulegają częściowo spalaniu wobec powietrza w fazie utleniającej, w czasie której temperatura wzra-

sta do 780° C. Reszta sadzy zostaje zgazowana parą wodną w fazie trzeciej.

Urządzenie innego typu do krakowania propanu opracowała firma The Long Island Lighting Comp. (5). Piec wyłożony ogniotrwałą wykładziną wygrzewa się do 1000° C. Propan przechodzi przez rurki ze stali chromo-niklowej i rozkłada się w obecności pary wodnej na gaz krakowany o cieple spalania maximum 2750 kcal. Bliższe dane odnośnie tego sposobu podaje załączona literatura. Obecnie amerykański Institute of Gas Technology poświęca dużo uwagi studiom nad metodami technicznymi przerobu gazów węglowodorowych (6).

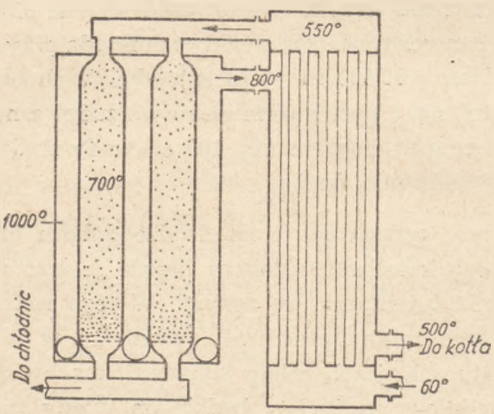
Częściowe utlenianie metanu tlenem powietrza, bądź czystym tlenem na katalizatorze.

Według reakcji:

$$CH_4 + {}^1\!/_2 O_2 = CO - 2H_2$$

można z jednej objętości metanu i 1/2 objętości czystego tlenu otrzymać 3 objętości gazu o następującym składzie:

$33^1/_3\%$ CO
$66^2/_3\%$ H_2
o cieple spalania 3046 kcal.



Rys. 1.

Po spreparowaniu 80% tego gazu 20% metanu, lub praktycznie biorąc, gazu ziemnego, otrzymuje się gaz miejski o cieple spalania 4340 kcal. Ponieważ 1 m³ metanu daje 3 m³ gazu krakowanego, a do jego dalszej preparacji potrzeba tylko 0,75 m³ gazu ziemnego, przeto ostatecznie z 1,75 m³ gazu ziemnego otrzymuje się 3,75 m³ gazu miejskiego o następującym teoretycznym składzie:

CO	26,7%
H_2	53,3%
CH_4	20,0%

W praktyce można zbliżyć się do powyższego składu gazu wyłącznie w metodach pracujących z zewnętrznym doprowadzeniem ciepła do reaktora. Sama reakcja jest wprawdzie egzotermiczna (+ 7 kcal.) lecz straty cieplne są wyższe niż ciepło reakcji. Z 1 m³ metanu powstaje 3 m³ gazu krakowanego, który opuszcza generator w temperaturze około 550° C, unosząc ze sobą ok. 531 kcal; dalsze straty cieplne są wynikiem promieniowania powierzchni generatora i dają się zgrubsza ocenić na ok. 60 kcal.; ogółem zatem straty cieplne na 1 m³ przerabianego metanu wynoszą ok. 591 kcal. Ponieważ skutek termiczny reakcji w odniesieniu do 1 m³ metanu wyraża się wartością 7,0 x 1000/22,4 = = 312 kcal, przeto zachodzi konieczność dostarczenia dodatkowej energii cieplnej w ilości 591 — 312 = 279 kcal/1 m³ CH_4. Ciepło to doprowadzamy do generatora przez bezpośrednie spalenie małej części metanu. Kaloryczność metanu wynosi 8560 kcal. Skoro jego gazy spalinowe mają przy odlocie temperaturę 550° C, strata więc wyniesie ok. 726 kcal, czyli kaloryczność użyteczna wyrazi się wartością 7834 kcal/m³ CH_4. Pokrycie poprzednio obliczonej straty w wysokości 279 kcal będzie wymagało spalenia najwyżej 279/7834 = 0,036 m³ CH_4 i doprowadzenia dodatkowego tlenu w ilości 0,072 m³. Ostatecznie zatem stosunek składników w mieszance do katalitycznego krakingu i produkcji gazu krakowanego wyrazi się następująco:

1,036 m³ metanu,
0,572 m³ tlenu,
3,036 m³ gazu krakowanego.

Tam, gdzie mamy do dyspozycji źródło taniego tlenu, można by było bardzo korzystnie stosować powyższy sposób krakowania gazu ziemnego. Korzyść ta polegałaby na tym, iż końcowy gaz miejski posiadałby praktycznie taki sam skład, a także i szybkość spalania, jaką posiada gaz węglowy preparowany gazem wodnym.

Znacznie mniej korzystny jest proces katalitycznego krakowania metanu wobec powietrza, chociaż i on posiada pewne dodatnie strony, i tak np. w porównaniu z procesem krakowania parą wodną odznacza się prostotą prowadzenia ruchu. Jeśli zamiast tlenu użyjemy powietrza wzbogaconego w tlen, względnie samego powietrza, wówczas w gazie krakowanym znajdujemy znaczne ilości azotu. Według równania:

$$\underset{1\ \text{obj}}{CH_4} + {}^1\!/_2 \underset{2{,}5\ \text{obj.}}{(O_2 + 4N_2)} = \underset{5\ \text{obj.}}{CO + 2H_2 + 2N_2}$$

gaz krakowany posiada następujący skład:

H_2	40%
CO	20%
N_2	40%

i ciepło spalania ok. 1830 kcal.

Mieszanina 67% gazu krakowanego i 33% metanu posiada ciepło spalania 4365 kcal i teoretyczny skład:

H_2	26,8%
CO	13,4%
CH_4	33,0%
N_2	26,8%

Powyższe wyniki zarówno odnośnie kaloryczności, jak i składu gazu są wprawdzie do przyjęcia, jednakże należy pamiętać, iż dają się one osiągnąć jedynie przy zewnętrznym — pośrednim doprowadzeniu ciepła. Przy tym musielibyśmy wszakże zadowolić się niższą sprawnością termiczną, niż w metodzie z wewnętrznym — bezpośrednim doprowadzeniem ciepła, tj. przy spalaniu części metanu z małym nadmiarem powietrza. Zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie wewnętrzne można z łatwością obliczyć, jak to miało miejsce wyżej, z różnicy strat cieplnych (w gorącym gazie krakowanym i w cieple wypromieniowanym przez ścianki generatora; razem ok. 882 kcal/m³ CH_4) i skutku cieplnego reakcji (312 kcal). Dla utrzymania zatem temperatury reakcji na odpowiedniej wysokości zachodzi konieczność doprowadzenia 570 kcal/m³ krakowanego metanu. Z elementarnego rachunku wynika, iż dla pokrycia tego deficytu ciepła zajdzie potrzeba spalenia na 1 m³ krakowanego CH_4 najwyżej jeszcze 0,086 m³ CH_4. I ostatecznie: do skrakowania 1 m³ CH_4 trzeba 2,5 m³ powietrza oraz 0,86 m³ powietrza do spalenia 0,086 m³CH_4. Przy tym otrzymuje się w gazie: 1,0 m³ CO; 2,0 m³ H_2; 0,086 m³ CO_2 i 4/5 (2,5 + 0,86) = 2,688 m³ N_2, skąd teoretyczny skład końcowego gazu będzie kształtował się następująco:

H_2	34,6%
CO	17,3%
N_2	46,6%
CO_2	1,5%

i ciepło spal. 1580 kcal.

Z 1,086 m³ CH_4 otrzymuje się ogółem 5, 774 m³ mieszanki, czyli spółczynnik ekspansji procesu wynosi 5,32. Mieszanina 65% gazu krakowanego (5,32 m³) z 35% (2,86 m³) CH_4 daje gaz miejski o ogólnej objętości 8,18 m³ (czyli ok. 2,1-krotną objętość w stosunku do objętości użytego metanu), o cieple spalania 4350 kcal i poniższym teoretycznym składzie:

H_2	22,5%
CO	11,2%
CH_4	33,0%
CO_2	1,0%
N_2	30,2%

Można a priori stwierdzić, iż gaz o takim składzie nie będzie posiadał szczególnie dodatnich własności, o ile chodzi o szybkość spalania i zachowanie się przy użyciu go w normalnym sprzęcie gazowym. Posiada on c. wł. 0,812, (gęstość = 0,627) i dopływ jego do palnika w porównaniu z normalnym gazem miejskim będzie niższy w odwrotnym stosunku do pierwiastka kwadratowego z ciężaru właściwego. I tak np.: dopływ gazu do palnika kuchenki do gotowania spadnie z 350 l (albo z 1500 kcal) na 300 l (albo na 1290 kcal) na godz., tj. ok. 14%. To obniżenie jednak da się wyrównać przez podwyższenie ciśnienia gazu w sieci miejskiej np. z 60 do 81 mm słupa wody. Szybkość spalania mieszanki będzie niższa, wszakże jeszcze dostateczna, aby mieszanka mogła być używana w normalnych palnikach. Np. obecny gaz praski ma indeks Czako-Schaacko 65 — 85, dla gazu zaś o składzie zbliżonym do wyżej omawianego indeks ten wynosi 68.

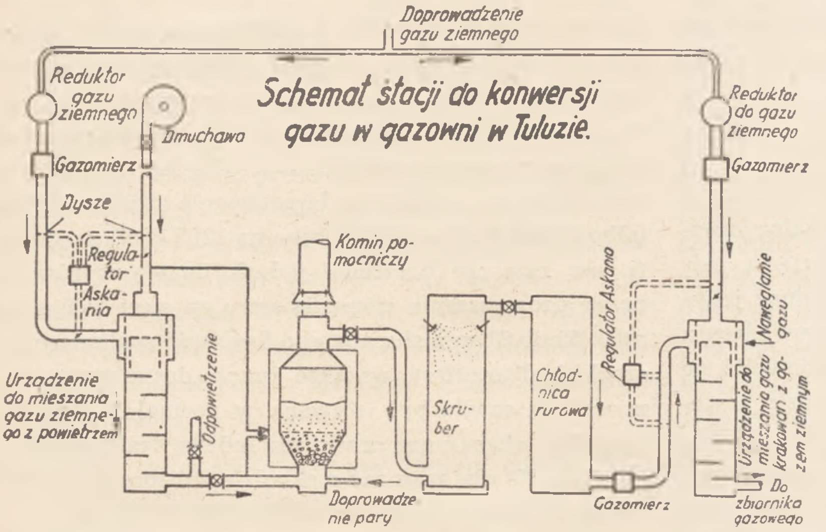
Wyniki ruchowe nie będą oczywiście dosłownie zgadzały się z wynikami podanymi w powyższych rozważaniach i wyliczeniach. Żeby reakcja przebiegała gładko i nie zachodziło wydzielanie się sadzy, dodaje się do powietrza pewną nieznaczną ilość pary. Poza tym para wodna tworzy się także przy spalaniu metanu; reaguje ona z węglem i z metanem, dając gaz wodny. Ponieważ reakcje te są silnie endotermiczne, dlatego też zapotrzebowanie na dodatkowo doprowadzaną energię jest wyższe, niż podaje nasz rachunek, a tym samym większe jest zużycie powietrza oraz wyższa w rezultacie — zawartość azotu w gazie.

Aby zmniejszyć ilość azotu, należy unikać jak najstaranniej strat cieplnych. Celowi temu służy staranne otulenie termiczne generatorów oraz zastosowanie odpowiedniej rekuperacji ciepła zawartego w uchodzącym gazie krakowanym. Ciepło to może być wykorzystane do podgrzewania powietrza i metanu. Jednakże niezbędnie trzeba mieć tu na uwadze także i tę okoliczność, iż jest niezwykle ważne szybkie schładzanie gazów krakowanych, mające na celu zapobieżenie reakcjom, przebiegającym w odwrotnym, niepożądanym kierunku.

Obecnie zajmiemy się opisem stacji do konwersji gazu ziemnego, którą autor miał sposobność oglądać w gazowni w Tuluzie (7).

W końcu 1942 r., z chwilą uruchomienia gazociągu dalekosiężnego na gaz ziemny (Ø 6") ze St. Marcet do Tuluzy, gazownia mieszała gaz ziemny z węglowym i wodnym.

Pod koniec 1945 r., w okresie bardzo ograniczonej dostawy węgla do potrzeb zakładu zaszła konieczność zatrzymania sprzedaży koksu i zarezerwowania go w całości i wyłącznie do wytwarzania gazu wodnego. W międzyczasie, gdy zaistniała obawa zupełnego zatrzymania dostawy węgla okazało się niezbędne i bardzo pilne przygotowanie projektu i wykonanie budo-



Rys. 2.

wy urządzenia do konwersji gazu ziemnego o dobowej wydajności 300.000 m³ gazu miejskiego. Prace powyższe należało ukończyć w ciągu 8-miu miesięcy.

Od pierwotnego projektu krakowania w generatorach na gaz wodny, szybko odstąpiono, gdyż zdawano sobie sprawę z jednej strony z niewystarczającej sprawności istniejącej aparatury do oczyszczania gazu, z drugiej zaś — z niedostatecznie zapewnionej produkcji własnej, bądź dostawy niezbędnego koksu, którego spożycie do rocznej wytwórczości 60 milj. m³ gazu (4300 kcal) wynosiłoby 13.200 ton.

Rozważano również koncepcję oddawania mieszaniny 46% gazu ziemnego i 54% powietrza, ale projektu tego również zaniechano, gdyż zdobyto w tym względzie przykre doświadczenia jeszcze w 1944 r., gdy przejściowo stosowano taką mieszankę w czasie chwilowego zastoju w dostawach węgla. W krótkim czasie bowiem stwierdzono bardzo silną korozję przewodów gazowych, gazomierzy i zbiorników, przy czym straty gazu niepomiernie wzrosły. Fakty te stają się łatwo zrozumiałe, skoro uświadomimy sobie, iż w mieszance gazowej znajduje się w znacznym stężeniu tlen, który w obecności wilgoci działa bardzo silnie korodująco na wszelkie części metalowe sieci, instalacji, urządzeń i sprzętu gazowego.

Odrzucono także trzecią z kolei koncepcję — konwersji gazu ziemnego w obecności pary wodnej — aczkolwiek była ona niezwykle atrakcyjna — ze względu na fakt, iż metoda ta daje gaz o wyjątkowo korzystnym składzie. Przyczyną rezygnacji był z jednej strony zbyt krótki termin, w jakim wytwórnia musiała być uruchomiona, z drugiej zaś strony wysokie koszta urządzeń. Rurki bowiem, w których znajduje się katalizator, muszą być wykonane ze specjalnego, ogniotrwałego i nieutleniającego materiału, niezbędne są rekuperatory, bez których sprawność termiczna kowersji byłaby zbyt niska. Pozostawała ostatnia możliwość wykonalna w danych warunkach: katalityczne utlenienie gazu ziemnego powietrzem do mieszaniny $CO + H_2 + N_2$ z bezpośrednim, wewnętrznym doprowadzeniem ciepła. Gazownia zbudowała najpierw mały piec do krakowania, w którym wypróbowano katalizator i ustalono optymalne warunki przebiegu procesu konwersji, a następnie z uwagi na brak widoków dostawy aparatury na dużą skalę techniczną w tak ograniczonym terminie, przystąpiła do jej wykonania we własnym zakresie. Gazownia była gotowa i oddana do ruchu w planowanym terminie. Jej urządzenie podane jest schematycznie na rys. 2.

Główne części stacji są następujące:

3 agregaty elektrowentylatorów do powietrza o 3000 obr./min., o wydajności po 4000 m³/godz. każdy, dających nadciśnienie 800 mm słupa wody. Używa się powietrza starannie przefiltrowanego.

1 urządzenie redukcyjne (stacja reduktorów) do gazu ziemnego dla generatorów.

1 gazomierz Delta do gazu ziemnego dla generatorów.

1 urządzenie z regulatorem Askania dla utrzymywania stałego stosunku powietrza do tlenu w mieszance oraz drugie — rezerwowe do sprężonego powietrza.

1 aparat samopiszący do rejestracji ilości gazu i powietrza (oba składniki rejestruje się obok siebie na jednym pasku tak iż w każdej dowolnej chwili można odczytać z niego stosunek zawartości obu składników w mieszance).

1 urządzenie do dokładnego mieszania obu gazowych składników.

1 przewód rozdzielczy dla mieszanki z klapami bezpieczeństwa na obu końcach i z odgałęzieniami do poszczególnych generatorów.

5 generatorów do konwersji gazu, każdy zaopatrzony w urządzenie pomiarowe, wskazujące obciążenie (z różnicy ciśnień przed i za generatorem).

5 skruberów, każdy z dwoma rzędami pryszniców do wody chłodzącej.

1 chłodnica do pośredniego dochładzania gazu, wspólna dla całej baterii generatorów.

1 gazomierz do gazu krakowanego.

1 urządzenie do mieszania gazu krakowanego z gazem ziemnym celem preparacji mieszanki o stałej wartości kalorycznej.

1 regulator dla gazu ziemnego do nawęglania gazu krakowanego.

1 gazomierz na gaz ziemny do nawęglania gazu krakowanego.

1 urządzenie zabezpieczające z sygnalizacją alarmową (przy 300 mm słupa wody) na wypadek spadku ciśnienia gazu.

1 urządzenie zabezpieczające na wypadek uszkodzenia regulatora Askania i urządzeń pomocniczych.

Stacja powyższa była zaprojektowana na dobową wydajność 300.000 m³ gazu miejskiego. Przewidziano również możność podwyższenia w razie potrzeby tej wydajności o dalsze 100.000 m³ przez zwiększenie ilości katalizatora i na odwrót obniżenie wydajności również o 100.000 m³ w porze letniej przez zmniejszenie ilości katalizatora. Koszt całej stacji wynosił 5 mil. franków, nie licząc katalizatora. Wypełnienie generatorów łącznie z katalizatorem ważyło 6 ton. Czas pracy katalizatora oceniano na 1 rok, w związku z czym koszt jego obciążał 1 m³ gazu miejskiego 4 centimami. Jednak w chwili, gdy autor pisze niniejsze słowa, wiadomo, iż pierwotny ładunek katalizatora nawet po dwóch latach pracy nie wymagał wymiany. W przyszłości zakład zamierza przyrządzać katalizator we własnym zakresie, gdyż sądzi się, iż w ten sposób koszta jego produkcji będą niższe. Zajmijmy się jednak nieco szczegółowiej niektórymi częściami aparatury produkcyjnej oraz przyjrzyjmy się dokładniej jej pracy.

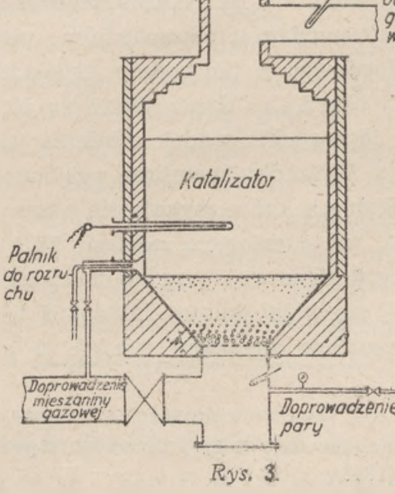
Najważniejszą częścią składową stacji jest generator. (rys. 3). Jest to walec z blachy żelaznej, o przekroju 2 m, wys. 2,2 m, wykonany w ten sposób, że dolna jego część posiada kształt stożka, zaś górna tworzy kopułę. Nośnikiem katalizatora jest wypełnienie z materiału ogniotrwałego rozłożonego wewnątrz generatora na ruszcie w ten sposób, iż im wyżej tym ziarno wypełnienia jest drobniejsze. Z boku nad rusztem znajduje się palnik do ogrzewania wypełnienia przed rozruchem. Temperaturę wypełnienia kontrolują trzy pirometry, wpuszczone do generatora wzdłuż tworzącej w jednakowej odległości od siebie. Kontrola temperatury gazów wychodzących odbywa się za pomocą osobnego pirometru. Mieszaninę gazu i powietrza doprowadza się do generatora dołem, pod ruszt. Tamże dopuszcza się nieznaczną ilość pary. Czynną rolę w procesie krakowania odgrywa nikiel delikatnie rozpylony na wypełnieniu.

Według oceny autora ilość katalizatora w stosunku do nośnika wynosi 3%, wymiary ziaren nośnika wahają się w granicach 10 — 20 mm. Generator napełnia się katalizatorem wyprażonym uprzednio w temperaturze 1000° C.

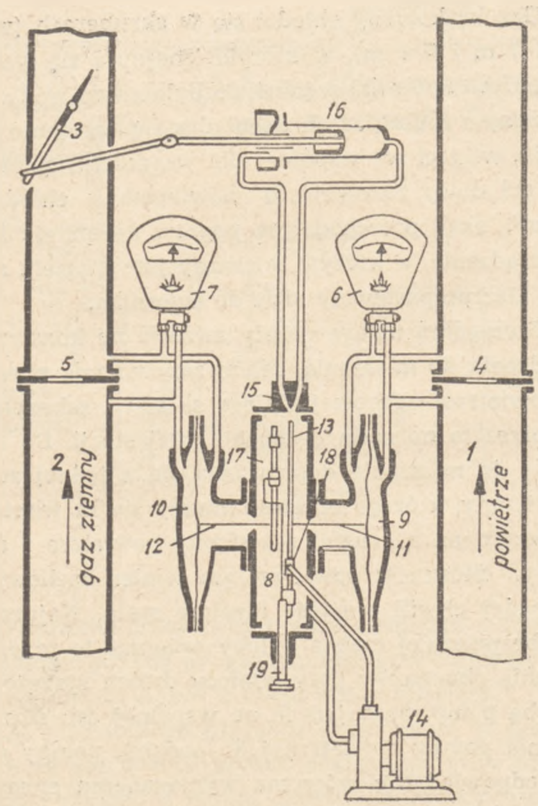
Gaz krakowany chłodzi się w skruberach (wysokości 7 m i ∅ 1 m), w których znajdują się w 2-ch, położonych nad sobą rzędach rozpylacze do wody. Gaz oziębiony z 550 do 50° C. dochładza się następnie i pozbawia wilgoci we wspólnej dla wszystkich generatorów chłodnicy rurowej (o powierzchni chłodzenia 500 m²), skąd przechodzi on poprzez gazomierz Delta do urządzenia, w którym mieszany jest z gazem ziemnym. Gaz preparowany idzie do zbiornika.

Szczególną uwagę należy zwrócić na konstrukcję urządzenia do mieszania, celem zapewnienia mieszance powietrzo - gazowej stałego składu i zabezpieczenia przez to normalnego ruchu całej stacji. Do urządzenia do mieszania doprowadza się z jednej strony gaz ziemny, którego objętość mierzy się za wentylem redukcyjnym, z drugiej zaś strony powietrze z dmuchawy. Stosunek: powietrze/gaz winien zachowywać w każdej chwili wartość idealnie stałą. Najprościej i najbezpieczniej można byłoby osiągnąć to przez podawanie obu gazów przy pomocy dwóch sprzężonych ze sobą pomp, pracujących na wspólnej osi; stosunek podania pompy powietrznej do podania pompy gazowej odpowiadałby wówczas wymaganemu stosunkowi: powietrze/gaz. W omawianym przypadku obrano nieco inny sposób, a mianowicie taki, jaki zakład mógł zrealizować we własnym zakresie. Obsługuje on całą stację złożoną z 6 generatorów. Schemat urządzenia regulującego przedstawiony jest na rys. 4. Jego najważniejszą część składową stanowi regulator Askania taki sam, jaki stosuje się normalnie do regulacji ssania na zbiorczym przewodzie piecowym.

W przewodach*) 1 i 2, doprowadzających powietrze i gaz ziemny, które winny być zmieszane w ściśle określonym stosunku, są zamontowane duże dysze 4 i 5. Wartości spadków ciśnień spowodowanych obec-



Rys. 3.



Rys. 4.

nością dysz, mierzy się przy pomocy manometrów różnicowych 6 i 7, podłączonych do przewodów przed i za każdą dyszą. Przy regulacji składu mieszanki wydatek jednego z gazów (zwykle powietrza) przyjmuje się jako wielkość określającą, która nie podlega regulacji. Wobec tego regulacja składu mieszanki ogranicza się do regulacji wydatku drugiego składnika (w danym przypadku gazu ziemnego), co odbywa się przy pomocy automatycznego ruchu klapy 3 znajdującej się w przewodzie gazu ziemnego za dyszą 5.

Związek między wydatkiem powietrza w przewodzie 1 a położeniem klapy 3 jest następujący. Dwie jednakowe komory regulatora przedzielone są skórzanymi membranami 9 i 10. Każda połowa komór połączona jest przewodem z odpowiednim punktem manometru różnicowego w ten sposób, iż spadek ciśnienia powietrza przed i za dyszą działa na pierwszą membranę, zaś odpowiedni spadek ciśnienia gazu na membranę drugą. W środku membran przymocowane są igły 11 i 12, których końce stykają się z tzw. rurką strumieniową 13, umocowaną na zawiasie 18 i utrzymywaną w pozycji pionowej przy pomocy przeciwwagi znajdującej się w jej dolnym końcu. W ten sposób impulsy wywołane spadkami ciśnień za pośrednictwem membran i igieł 11 i 12 przekazywane zostają rurce strumieniowej, która w zależności od wartości stosunku spadków ciśnień przy dyszach może wychylać się w prawo lub w lewo z położenia pionowego. Pompa 14 podaje bez przerwy olej pod ciśnieniem 4 — 5 atm. przez rurkę strumieniową. Ujście rurki znajduje się naprzeciw bloku metalowego 15, w którym są wydrążone dwa kanały, połączone przy pomocy przewodów z cylindrem 16 tak, iż ujścia przewodów znajdują się po obu stronach tłoka. Wałek tłoka steruje klapą 3 za pośrednictwem układu dźwigni.

W przypadku, gdy ciśnienia wywierane przez igły 11 i 12 na rurkę strumieniową są jednakowe, ujście jej przyjmuje położenie środkowe między otworami w bloku. Wówczas ciśnienie oleju po obu stronach tłoka w cylindrze 16 jest jednakowe i klapa 3 zajmuje pewne określone położenie.

Jeśli na skutek wzrostu wydatku powietrza wzrośnie spadek ciśnienia przy dyszy 4 i igła 11 przesunie rurkę strumieniową na lewo, wtedy strumień oleju zostanie skierowany do lewego kanału w bloku, co spowoduje przesunięcie tłoka w prawo. Klapa w przewodzie 2 zajmie przy tym takie położenie, przy którym wydatek gazu ziemnego wzrośnie i w ten sposób zostanie zachowana niezbędna proporcja obu gazów w mieszance. Przy zmniejszeniu wydatku powietrza regulator wykona czynności odwrotne do wyżej opisanych, lecz wynik końcowy będzie taki sam jak poprzednio.

Do nastawienia regulatora na wymagany stosunek spadków ciśnień, a tym samym i na wymagany skład mieszanki powietrza z gazem ziemnym, służy specjalne urządzenie oznaczone na rys. 4 liczbami 17, 18 i 19.

W czasie ruchu mogą wystąpić uszkodzenia zagrażające bezpieczeństwo pracy i mogące pociągnąć za sobą straty. Przyjrzyjmy się głównym rodzajom tych uszkodzeń i sposobom automatycznego zapobiegania ewentualnym poważnym następstwom.

1. Przerwanie dostawy energii elektrycznej do dmuchawy: dostawa powietrza zostaje przerwana, różnica ciśnień po obu stronach dyszy spada do zera, na co natychmiast reaguje regulator Askania, zamykając klapę w przewodzie gazowym.

2. Uszkodzenie w urządzeniu regulacyjnym dla gazu ziemnego:

a) ciśnienie gazu spada: pneumatyczny przełącznik (relais) z rtęciowymi stykami zamyka obwód prądu —odzywa się dzwonek alarmowy — przy spadku ciśnienia do 300 mm słupa wody.

b) Jeśli ciśnienie spada w dalszym ciągu i dojdzie do 200 mm słupa wody, wówczas przełącznik wy-

---

*) Rys. 4 i opis regulatora proporcji mieszanki podany jest wg N. B. Szyszakowa, „Osnowy proizwodstwa goriuczich gazów" str. 411, (1948).

łączy doprowadzenie prądu do dmuchawy. To urządzenie zabezpieczające jest bardzo ważne. Gdyby bowiem spadło ciśnienie, a więc i wydatek gazu ziemnego (regul. Ask. miałby przy tym klapę w przewodzie 1 zupełnie otwartą!), wzrosłaby ilość spalanego metanu, a tym samym także wzrosłaby i temperatura w generatorze, co mogłoby spowodować zepsucia katalizatora na skutek przepalenia. Jeśliby dopływ gazu uległ przerwie, mogłaby wytworzyć się w generatorze mieszanka wybuchowa.

3. Uszkodzenie w urządzeniu z regulatorem Askania, służącym do utrzymywania stałego składu mieszanki (powietrze — gaz); w tym wypadku zacznie działać drugie urządzenie zabezpieczające, podobne pod względem budowy do regulatora Askania, z dwiema przeciwległymi membranami. Rtęciowe styki przełącznika (relais) wyłączą prąd do dmuchawy. Ponieważ urządzenie regulujące tworzenie mieszanki jest duszą całej stacji, przeto zamówiono jeszcze inne — rezerwowe o napędzie elektrycznym marki „Stabilog", które przejmie na siebie wyżej omówione zadanie w przypadku uszkodzenia pierwszego.

Stacja pracuje pod ciśnieniem jakie konieczne jest do transportu mieszanki gazu krakowanego i ziemnego do przewodu położonego między aparaturą oczyszczającą a zbiornikiem, dzięki czemu w ogóle zbędne są ekshaustory. Ruch stacji jest niezwykle sprawny. Kontrola temperatury, ciśnienia, ilości i składu mieszanki odbywa się na podstawie zapisu przez aparaty odległościowe, samopiszące tak, iż każde uszkodzenie i zakłócenie jest natychmiast widoczne i nie może być zatajone lub przemilczane przez obsługę. Jeśli weźmiemy pod uwagę, iż cała wytwórnia, mająca zdolność produkcyjną w przybliżeniu taką samą, jak gazownia w Pradze, zajmuje przestrzeń 13 x 12 m, musimy przyznać, iż takie rozwiązanie techniczne jest rzeczywiście godne uwagi i podziwu. Sprawność termiczna konwersji wynosi 90%, sprawność globalna zaś — 93%. Prawdopodobnie w przyszłości można będzie osiągnąć jeszcze dalsze ulepszenia polegające na dokładnej izolacji ścian generatorów, które z zewnętrznej strony posiadają temperaturę 150° C. oraz na wykorzystaniu ciepła gazów krakowanych uchodzących z generatora.

Opisany proces produkcyjny pod pewnym względem i to bardzo ważnym nie daje zadawalających wyników, a mianowicie odnośnie składu gazu. Gaz krakowany, a tym samym i gaz miejski zawiera zbyt wielkie ilości azotu i stosunkowo mało wodoru. Skład tych gazów waha się w następujących granicach:

	Gaz krakowany	Gaz miejski (4200 kcal)
H_2	31 – 33%	21 – 22%
CO	14 – 15%	9 – 10%
CH_4	1 – 4%	32 – 34%
O_2	0,6%	0,4%
CO_2	2 – 3%	1,5 – 2%
N_2	44 – 46%	32 – 33%

Zawartość wodoru zbliża się do dolnej granicy (19 — 20%), przy czym gaz zachowuje jeszcze dostateczną szybkość spalania w normalnych palnikach. Jeśli palniki są prawidłowo skonstruowane, gaz ten może być w nich używany bez wymiany części służących do regulacji. Małe jednakże odchylenia w konstrukcji mogą być przyczyną nieprzyjemnych przeszkód w użyciu.

Należy jeszcze wspomnieć o działaniu gazu na przewody, uszczelnienia i gazomierze.

Jest rzeczą jasną, że gaz ziemny i krakowany będzie wywierał szkodliwy wpływ na skórzane uszczelki półśrubunków, i na skórę gazomierzy, gdyż jest on stosunkowo „chudy", nie zawiera bowiem benzolu i innych wyżej wrzących węglowodorów; gaz taki może więc „wysuszać" gazomierze olejowe. W Tuluzie zapobiega się temu wstrzykiwaniem do gazu frakcji smołowej destylującej do 170° C. Ponieważ postępuje się w ten sposób dopiero od niedawna,, nie są przeto jeszcze znane wyniki tych prób. Co się tyczy korozji, to wydaje się, iż gaz konwertowany nie powinien w takim stopniu atakować metali, jak to ma miejsce w przypadku gazu świetlnego, gdyż w ogóle nie zawiera on związków siarki.

Opisem stacji do konwersji gazu ziemnego w Tuluzie kończy autor omawianie zagadnienia częściowego utleniania metanu powietrzem.

Autorowi nie udało się zetknąć z metodą częściowego utleniania tlenem, bądź powietrzem wzbogaconym w tlen i nie jest również wiadome, czy gdziekolwiek metodę tę zrealizowano na skalę techniczną. Również autor nie mógł dotąd uzyskać danych w kwestii częściowego utlenienia metanu powietrzem z wewnętrznym ogrzewaniem. Jest to sposób „sufrace combustion", który stosuje wewnętrzne ogrzewanie przestrzeni reakcyjnej. Wydaje się wszakże, że koszt zainwestowania tego rodzaju urządzenia będzie znaczny, głównie na skutek konieczności zastosowania nieutleniającego, ogniotrwałego tworzywa metalowego i dodatkowej aparatury do rekuperacji ciepła.

ŚWIAT TECHNIKI —

winien przodować w realizacji PLANU SZEŚCIOLETNIEGO!

Piśmiennictwo.

1. Ind. and Eng. Chemistry, 1948, 561, W odniesieniu do temp, 25 C.
2. Zwiedzenie zakładu udostępniło autorowi Assoc. techn. de l'Industrie du Gaz en France.
3. Association technique de l'industrie du Gaz en France, Congres 1948, publikacja specjalna.
4. Hanbook Butan—Propan Gases, 258,
5. Am Gas Journ, 1947, 167/2, str, 11; por, także referat w Paliva a voda, 1948, 56.
6. Gas 1947, August, str, 31 i 1948, August, str. 47; referat w Paliva a Voda, 1948, 55,
7. Assoc. technique de l'industrie du Gaz en France, Compte rendu du 64 e Congres de l'industrie du Gaz, str 329,

Tłumaczył i udostępnił polskim czytelnikom na podstawie pracy w „Paliva a Voda", 1948, 325/1948
mgr Leon Borkowski

Prof. inż. ALEKSANDER SZNIOLIS

Z doświadczeń nad stałą dezynfekcją wody w studniach kopanych

I. *Zagadnienie stałej dezynfekcji wody w studniach kopanych*)*

Znany jest powszechnie zły stan studzien kopanych. Doceniane jest również znaczenie ich w szerzeniu chorób zakaźnych przewodu pokarmowego. Dlatego też sprawa uzdrowotnienia tych najbardziej rozpowszechnionych urządzeń, zaopatrujących w wodę większość ludności, nie przestaje być przedmiotem stałego zainteresowania zarówno epidemiologów jak i inżynierów sanitarnych.

Klasyczny i najbardziej radykalny środek poprawy złego stanu studzien kopanych polega na kasowaniu złych studzien i zastępowaniu ich przez nowe właściwie wykonane, jak też na przebudowie wadliwych, jeśli mogą być tym sposobem uzdrowione.

Techniczna strona tej metody została od dawna gruntownie opracowana, a skuteczność jej wielokrotnie potwierdzona. Realizacja jednak w praktyce, jeśli chodzi o masowy zabieg, nastręcza wiele trudności. Do głównych należą: małe uświadomienie ludności co do istotnej potrzeby podobnego przedsięwzięcia i niechęć jej do czynienia własnych wkładów w tę inwestycję. Charakterystyczne jest, że niemal we wszystkich krajach każda szersza akcja w tym kierunku była przeprowadzana z inicjatywy władz i subsydiowana przez skarb państwa. W naszych warunkach, przy bardzo znacznym odsetku złych studzien kopanych, akcja masowego ich uzdrowotnienia wymagałaby nakładu niezwykle wysokich środków. Obliczam liczbę złych studzien kopanych w Polsce w chwili obecnej na blisko 1 milion, koszt ich przebudowy na ca 50 miliardów złotych. Jasne jest, że zrealizowanie podobnej akcji nie wygląda realnie. Podobna sytuacja zmusza do szukania innych dróg poprawy, chociażby były one tylko czasowe lub prowizoryczne.

Pracując w latach okupacji nad tym zagadnieniem, doszedłem do wniosku, że stosując stałe chlorowanie wody bezpośrednio w studni odpowiednio dobraną dawką, niewyczuwalną przy spożywaniu wody, a wystarczającą dla niszczenia bakteryj chorobotwórczych, można by uzyskać pożądany efekt epidemiologiczny małym kosztem, jednak przy nakładzie pewnego wysiłku organizacyjnego. Podobna metoda działania powinnaby być zastosowana przede wszystkim na terenach ze stałą endemią duru brzusznego.

Wiemy, że stosując podchloryn sodu do podobnych wód (o pewnym zanieczyszczeniu organicznym) w ilości nawet do 1,0 mg/l jako Cl, nie wyczuwamy po krótkim czasie przykrego zapachu chloru w wodzie. Z drugiej strony wiemy, że B. Eberthella typhi giną w ciągu 10 minut w wodzie zawierającej li tylko 0,05 mg/l chloru. Mamy więc szerokie granice, w których możemy bezpiecznie operować i zabezpieczać konsumentów przed możliwym zakażeniem z tego źródła. Próby moje nad praktycznym rozwiązaniem dawkowania poszły w 2-ch kierunkach, a mianowicie:

1. wyszukania odpowiednich ciał porowatych, wewnątrz których można umieszczać pastylki chloraminy T, które wrzucone lub zawieszone w zbiorniku wody studni, wprowadzałyby do wody równomiernie w ciągu dłuższego czasu jednakowe ilości chloru,
2. skonstruowania taniego i prostego przyrządu do zawieszenia w szybie studni, który wkraplałby stale do wody małe ilości stężonego roztworu podchlorynu sodu w celu utrzymania pożądanego stężenia chloru w wodzie studziennej.

Pierwszy kierunek, pomimo wykorzystania licznych pomysłów, nie dał pożądanych wyników i został zarzucony. Drugi, po szeregu mniej lub więcej nieudanych prób, doprowadził do skonstruowania prostego przyrządu, który może liczyć na możliwość za-

*) Zagadnienie to zostało zreferowane na X Zjeździe Mikrobiologów we Wrocławiu, w r. 1948.

stosowania w praktyce, szczególnie po wprowadzeniu dalszych ulepszeń.

Ponieważ sprawę praktycznego rozwiązania zagadnienia stałej dezynfekcji wody w studniach uważam za bardzo ważną, podaję poniżej opis tego przyboru, jednak nie w celu zaakcentowania jego doskonałości, gdyż jeszcze takim nie jest, lecz raczej dla pobudzenia innych do pracy w tym kierunku, inne bowiem pomysły mogą być szczęśliwsze.

Trudność konstrukcyjnego rozwiązania przyrządu do dawkowania, wynika z niżej podanych cech, którym powinien odpowiadać:

a) niezawodność działania bez obsługi i nadzoru w ciągu długiego czasu; pożądane co najmniej 6 miesięcy,

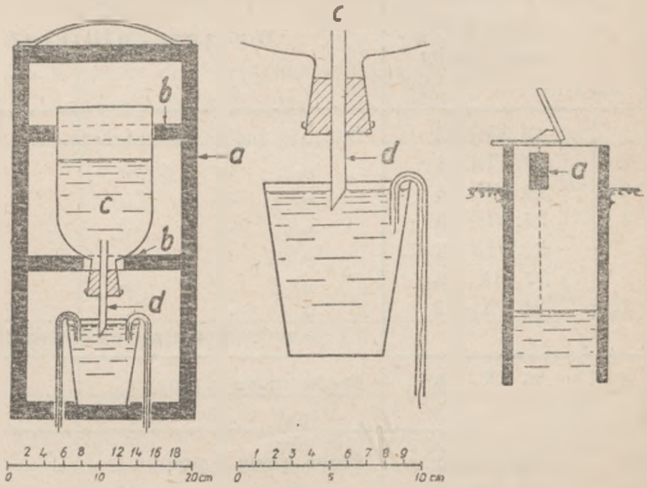
b) równomierne dawkowanie małych ilości chloru, np. przy stosowaniu 1% podchlorynu sodu (w stosunku do chloru) dawka dobowa wyniesie 10 do 50 ml roztworu,

c) prosta i tania konstrukcja, odpowiadająca warunkom i możliwościom wsi. Z tego względu urządzenia mechaniczne będą nieodpowiednie z uwagi na koszt i łatwość niszczenia się w wilgotnej atmosferze wnętrza studni.

II Opis proponowanego urządzenia

Całość składa się ze skrzynki (a) z dwoma poprzecznymi przegródkami (b), na której spoczywa flaszka (c) pojemności 1 — 3 lub więcej litrów, zakorkowana gumowym korkiem, z obsadzoną w nim szklaną rurką (d) ⌀ 8 — 10 mm. Koniec rurki zanurzony jest w dowolnym małym szklanym naczyńku (np. szklanka, dolna część obciętej butelki itp.). Układ ten pozwala na utrzymanie stałego poziomu roztworu w szklance, na której zawieszone są syfonowe rurki szklane, zawierające wewnątrz po jednej nitce. Nitka odgrywa rolę subtelnego lewarka, rurka — osłony uniemożliwiającej wysychanie nici. Stosując nici z nylonu, które są mało podatne na działanie chloru, uzyskiwano wydajność przy grub. ½ nici — 1 cm^3/dobę przy całej nici — 3 cm^3/dobę przy podwójnej — 7 cm^3/dobę. W doświadczeniach prowadzonych przez 2 lata uzyskiwano prawie niezmienną wydajność przez czas do 6 miesięcy.

Ze względów praktycznych zdecydowałem się dawkę regulować liczbą jednakowych lewarków, z jedną całą nicią, tzn. przez jednoczesne zawieszenie 2 — 3 — 4 lub większej liczby rurek. Stosując np. 2 litrową flaszkę i dawkę 9 cm^3/dobę, otrzymujemy zapas podchlorynu sodu, wystarczający na okres prawie 7 miesięcy. Pozwala to na jednorazowy zabieg na cały groźny okres roku. Całość urządzenia poza rurką z nicią może być wykonana przez każdego niefachowca we własnym zakresie z materiału dobranego wśród rupieci lub odpadków domowych. Koszt lewarków z nicią powinien być minimalny.



Rys. 1.

III. Część doświadczalna

Badania z wyżej opisanym przyrządem zostały przeprowadzone w latach 1948 i 1949 na 2 studniach we Wrocławiu. Niestety, (z punktu widzenia obecnych doświadczeń), szeroko rozgałęziona sieć wodociągowa na terenie miasta Wrocławia i jego przedmieść nie pozwoliła wynaleźć większej liczby studzien kopanych, odpowiednich do zamierzonych badań. Nawet 2 niżej omawiane studnie, aczkolwiek usytuowane w miejscach wygodnych dla częstego odwiedzania, nie były typu poszukiwanego, tzn. nie były podobne do typowych studzien wiejskich z charakterystycznym zaczerpem wody za pomocą kubła. W dodatku z jednej z nich wodę pobierano tylko sporadycznie do polewania ogródka, z drugiej zaś czerpano stale, lecz za pomocą pompy. Z konieczności trzeba było zatrzymać się na razie na tych obiektach, aby co najmniej przeprowadzić badania wstępne.

Otrzymane wyniki okazały się jednak nie pozbawione zasadniczych wartości dla poznania zachodzących w studni procesów i zmian w składzie wody oraz dały podstawę do zaplanowania dalszych, bardziej systematycznych badań, koniecznych dla ostatecznego opanowania zagadnienia.

Powyższe względy ośmielają mnie do ogłoszenia otrzymanych wyników i spostrzeżeń, pomimo, że nie są ostatecznie sprecyzowane, traktując to jako tymczasowe doniesienie.

Ze studzien wybranych do doświadczeń, przez pewien czas przed założeniem przyrządu do dawkowania roztworu chlorowego pobierano próby wody do badań, głównie bakteriologicznych, w celu ustalenia ich „naturalnego" składu. Przed bezpośrednim uruchomieniem przyrządu nie dokonywano jednorazowej

Wyniki badań. 1948 r. Tabela I

L. p.	Data pobrania próby	Wyszczególnienie	Ilość chloru w wodzie mg/l Cl	Skład bakteriologiczny: kolonij przy 20°	kolonij przy 37°	M. Coli
1.	12. VIII. 48	Badania przed dezynfekcją	0,00	700	420	< 0,1 ml
2	17. VIII. 48	„ „ „	„	3[illegible]00	2400	< 0,1 „
3.	20. VIII. 48	„ „ „	„	10000	1500	< 0,1 „
4.	25. VIII. 48	„ „ „	„	1300	380	< 0,1 „
5	31. VIII. 48	„ „ „	„	3200	2600	< 0,1 „
6	7. IX. 48	„ „ „	„	510	460	< 0,1 „
7.	21. X. 48	„ „ „	„	320	62	< 0,1 „
		Uruchomiono przyrząd do dodawania chloru				
8.	26. X. 48	Próba wody z pompy	0,05	1400	750	1,0 „
9	„	„ „ z powierzchni	0,05	1200	900	1,0 „
10	13. XI. 48	Próba wody z pompy	0,25	450	15	> 10 „
11.	23. XI. 48	„ „ „	—	7[illegible]0	900	> 10 „
12	30. XI. 48	„ „ „	0,06	1400	80	> 10 „

dezynfekcji studni, co powinno być stosowane przy normalnym postępowaniu. Po uruchomieniu przyrządu dodawanie chloru rozpoczynano od b. małych dawek aby prześledzić stopniowo zachodzące zmiany w składzie bakteriologicznym wody, a następnie podwyższano dawki aż do uzyskania pożądanego efektu, po czym znów dawki obniżano bądź wyłączano przyrząd na okres kilku dni.

Wskutek takiego postępowania nie można było uzyskać na 2 studniach większej liczby seryjnych badań. W badaniach przeprowadzonych w r. 1948 na studni I-szej, nie dokonano pomiarów ilości dodawanego chloru, co później czyniono w stosunku do studni II-ej. Ze względu na nawał pracy bieżącej, częstotliwość badań nie zawsze była jednakowa, a niektóre dłuższe przerwy nie pozwoliły uchwycić z pożądaną dokładnością pewnych zwrotnych momentów w przebiegających procesach. Niedociągnięcia te uwypukliły się przy opracowywaniu materiału i posłużyły korzystnie do nakreślenia schematu i zakresu badań na przyszłość.

Poniżej przytaczam bardziej udane serie badań, jako podstawę do wyciągnięcia pewnych wniosków.

I. Studnia przy ul. Piramowicza 4.

O p i s s t u d n i.

Studnia kopana, z kręgów betonowych. Położona w ogrodzie, w pobliżu domu mieszkalnego. Otoczenie utrzymane niechlujnie. Studnia otwarta, zaopatrzona w pompkę. Głębokość do dna 1,70 m, do wody 1.00 m. Cembrowanie wystaje ponad teren około 40 cm. Woda ma wygląd brudny. Na dnie studni obce przedmioty. Przy inspekcji na miejscu studnię zaliczono do złych.

II. Studnia przy ul. Szczytnickiej 2

O p i s s t u d n i.

Kopana z cembrowaniem z muru Ø 1,00 m, położona na podwórku ciasnej, staromiejskiej posesji, nie podłączonej do wodociągu miejskiego (włączenie nastąpiło w lecie 1949 r.). Na posesji znajduje się piekarnia, zużywająca znaczniejszą ilość wody. Głębokość studni do dna — 5,2 m, do wody — 3,50 m. Objętość zbiornika wodnego studni wynosi 1340 litrów. Studnia pokryta betonową masywną pokrywą, lecz z nieszczelnym drewnianym włazem. Posiada pompę z kolumienką. Cembrowanie wystaje ponad teren ca 0,30 m. Pod wylotem pompy znajduje się drewniane koryto ułożone na pokrywie w celu odprowadzania nadmiaru wody, jednak zacieki do studni przenikają przez nieszczelności pokrywy. W czasie użytkowania niektórzy użytkownicy wchodzą nogami na pokrywę. Na podwórku, w odległości 4,5 m od studni znajduje się ustęp z dołem kloacznym, głębokości 2 m. Przy inspekcji na miejscu studnię uznano jako niepewną.

Omówienie wyników

1. Jak z przytoczonych analiz wynika, obydwie studnie wykazywały w okresie przed wprowadzeniem stałej dezynfekcji, znaczne zanieczyszczenie bakteriologiczne. Liczba kolonij bakteryjnych w 1 ml wody przy 20° C, 72 godz., na pożywce agarowej wahała się od kilkuset do 10.000, na agarze przy 37° C, 24 godz.— od kilkudziesięciu do 2600. Miano Coli było zawsze poniżej 0,1 ml (posiewów z mniejszych rozcieńczeń nie dokonywano).

2. Jak można sądzić z szybkiego pogorszenia składu bakteriologicznego wody po wyłączeniu przyrządu lub obniżeniu dawki chloru, studnie są narażone na stały dopływ zanieczyszczeń.

Wyniki badań dokonanych w r. 1948 — **Tabela II.**

L. p.	Data pobrania próby	Wyszczególnienie	Ilość chloru w wodzie mg/l Cl	Skład bakteriologiczny: kolonij przy 20°C	Skład bakteriologiczny: kolonij przy 37°C	Skład bakteriologiczny: M. Coli
1.	2 VIII 48	Badanie przed dezynfekcją	0,00	1:0	25	> 0,1 ml
2.	31. VIII 48	" " "	"	1300	42	> 0,1 "
3.	7. IX. 48	" " "	"	450	62	> 0,1 "
4.	9 IX 48	" " "	"	3500	2200	> 0,1 "
5.	13. IX. 48	" " "	"	7600	2000	> 0,1 "
	"	Uruchomiono przyrząd, dawka dobowa chloru 9,2 mg na całość				
6	8. X. 48	Próba wody z pompy	—	160	70	1,0 "
7	"	" " z powierzchni	—	240	180	1,0 "
8	11. X. 48	Próba wody z pompy	—	210	170	0,1 "
9	—	" " z powierzchni	—	190	164	0,1 "
	20 X. 48	Zwiększono dawkę chloru do 0,316 mg/l Cl na dobę				
10.	25. X. 48	Próba wody z pompy	—	165	48	1,0 "
11.	25. X. 48	" " z powierzchni	—	180	38	1,0 "
12.	27. X. 48	Próba wody z pompy	z pompy 0,07 z pow. 0,10	5	1	> 10 "
13.	29 X. 48	Próba wody z pompy	0,16	2	1	> 10 "
14.	29. X. 48	" " z powierzchni	0,08	2	3	0 10 "
15.	2 XI. 48	Próba wody z pompy	0,12	3	7	> 50 "
16.	2. XI 48	" " z powierzchni	0,12	10	13	> 50 "
17.	4. XI. 48	Próba wody z pompy	—	370	20	> 10 "
18.	4. XI 48	" " z powierzchni	—	4:0	26	> 10 "
19.	9. XI 48	Stwierdzono wyczerpanie zapasu roztworu chlorowego w przyrządzie Próba wody z pompy	0,015	300	65	< 0,1 "
	10. XI. 48	Uzupełniono roztwór				
20.	12. XI. 48	Próba wody z pompy	—	95	30	1,0 "
21.	13. 11. 48	" " "	—	5	3	> 10 "
	13 XI. 48	Wyłączono przyrząd				
22.	17. XI 48	Próba wody z pompy	0,02	700	170	< 0,1 "
	"	Włączono przyrząd, dawka chloru 0,18 mg/l na dobę				
23.	24. XI. 48	Próba wody z pompy	0,06	1000	1	> 10 "
24.	26 XI. 48	" " "	0,06	48	0	> 10 "

Wyniki badań w r. 1949. Tabela III

L. p	Data	Liczba lewarków czynnych	Dodawano roztworu chlorowego do studni ml/dobę	Zużycie chloru mg/l Cl	Zawartość Cl w wodzie mg/l Cl	Wyszczególnienie	Skład bakteriologiczny		
							kolonij przy 20°C	kolonij przy 37°C	M. Coli
1	7.X.49	—	—	2.4	0.03	Próba wstępna po przerwie w dezynfekcji	80	62	< 0.1 ml
	7.X.49	4	50 cm³ (500 mg) jednorazowo	—	—	Włączono przyrząd	—	—	—
2	10.X.49	4	po 8 cm³/dn	—	0.05	Próba wody z pompy	80	7	< 50 „
3	12.X.49	5	po 12 „	—	0.04	„ „ „	500	10	10 „
4	17.X.49	6	„ 12 „	—	0.03	„ „ „	240	16	1.0 „
5	20.X.49	7	„ 30 „	—	0.03	„ „ „	28	16	< 10 „
6	24.X.49	7	„ 37 „	—	0.03	„ „ „	140	18	1.0 „
7	26.X.49	8	„ 30 „	0.56	0.03	„ „ „	68	26	10 „
8	28.X.49	8	„ 45 „	0.56	0.04	„ „ „	800	31	1.0 „
9	3.XI.49	9	„ 42 „	0.0	0.15	„ „ „	3	1	< 50 „
10	8.XI.49	8	„ 30 „	—	0.20	„ „ „	4	3	< 50 „
11	11.XI.49	8	„ 17 „	—	0.12	„ „ „	6	6	< 50 „
12	15.XI.49	8	„ 12 „	—	0.10	„ „ „	4	9	< 50 „
13	19.XI.49	8	„ 12 „	0.4	0.08	„ „ „	15	14	< 50 „
14	23.XI.49	8	„ 16 „	0.8	0.04	„ „ „	250	6	50 „
15	3.XII.49	8	„ 17 „	—	0.04	„ „ „	76	62	25 „
16	21.XII.49		„ 11 „	1.7	0.06	„ „ „	19	20	< 50 „

NB! Dane powyższe wykazane są graficznie na wykresie 1.

3. Stałe wprowadzanie do wody tych studzien nieznacznych ilości chloru (w postaci podchlorynu sodu, zawierającego 1% chloru wolnego), dających po pewnym czasie stałą zawartość chloru pozostałego w wodzie w ilości 0,03 do 0,05 mg/l Cl — nie powodowało wyraźnej zmiany w liczbach ogólnej ilości bakteryj, natomiast podwyższało Miano Coli do 1 ml. (Badania 8 i 9. — Tabela I, 10 i 11. Tab. 2, 3, 6, 7 i 8. — Tab. III).

4. Podwyższenie zawartości pozostałego w wodzie chloru powyżej 0,06 mg/l Cl wywołało podwyższenie Miana Coli do 10, > 10 lub > 50 ml, zależnie od ilości pozostałego chloru. (Badania 10 — 11 Tab. I, 12 — 16 Tab. II, 9 — 12 Tab. III).

Spadek ogólnej liczby kolonij bakteryjnych na agarze przy 20° C i 37° C (do kilku w 1 ml) zaznaczał się wybitnie przy zawartości chloru pozostałego w wodzie około lub powyżej 0,10 mg/l. (Badania 12 Tab. II, 9 — 13 Tab. III).

5. Zmniejszenie zawartości pozostałego w wodzie chloru, po uprzednim osiągnięciu dobrych wyników dezynfekcji, do 0,05 mg/l Cl nie powodowało pogorszenia bakteriologicznego składu wody. Obniżenie zawartości chloru poniżej 0,05 mg/l Cl odbijało się na obniżeniu Miana Cali i wzroście ogólnej liczby bakteryj (np. badania 14. i 5. Tab. III). Przy obniżeniu dalszym zawartości chloru do 0,02 mg/l Cl występował szybki spadek Miana Coli do < 0,1 ml (np. bad. 19 i 22, Tab. II).

6. Na podstawie wyżej przytoczonych obserwacyj możnaby wnioskować, że utrzymując zawartość pozostałego w wodzie chloru na wysokości 0,05 mg/l Cl lub nieco wyżej, można uzyskać pożądany wynik dezynfekcji, co by pokrywało się z poprzednio wspomnianym warunkiem niszczenia bakteryj tyfusowych (0,05 mg/l w ciągu 10 minut). Ten ostatni warunek dotyczy wprawdzie chloru wolnego, gdy w studniach zanieczyszczonych chlor jest związany z zawsze obecnym amoniakiem w postać chloraminy, której działanie bakteriobójcze przy pH 7,5 jest znacznie słabsze niż chloru wolnego. Jako rekompensatę tego mamy w studni długi czas na przebieg procesu dezynfekcji, w wyniku czego można oczekiwać uzyskania pożądanego efektu dezynfekcji.

Ze względów daleko posuniętej ostrożności należy jednak liczyć się z możliwością zakażenia wody w studni w czasie jej poboru i z wynikającą stąd koniecznością szybkiej likwidacji zakażenia. Z powyższych względów wydaje się, że właściwym byłoby zalecać stosowanie takiej dawki chloru, przy której zawartość pozostałego w wodzie chloru mogłaby być utrzymana na wysokości 0,10 — 0,15 mg/l Cl, tymbardziej. że ta ilość chloru, nie daje się wyczuć konsumentowi ani na zapach ani na smak.

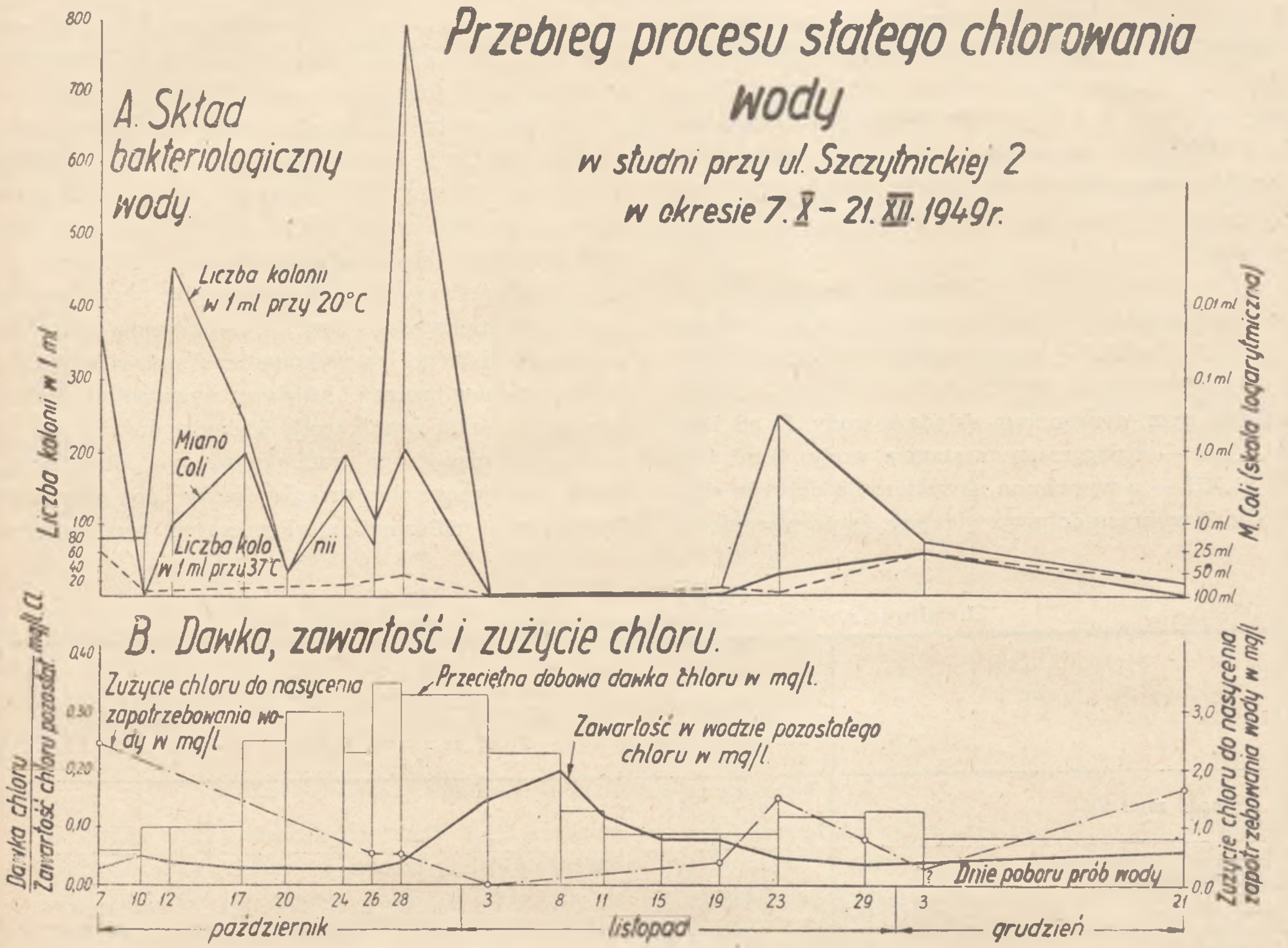
7. Analizując przebieg procesu dezynfekcji w II studni przy ul. Szczytnickiej 2 za okres 7.X. — 21.XII. 1949 r. ujawniono pewne ciekawe momenty wpływające na przebieg procesu jak i na wielkość wprowa-

dzanej dawki chloru. Dla lepszego zilustrowania procesu dane z Tabeli III przedstawiono graficznie na wykresie. Górny wykres przedstawia zawartość bakteryj przy 20° C i 37° C oraz Miano Coli. Dolny wykres wykazuje: przeciętną dobową dawkę chloru w mg/l, zawartość w wodzie pozostałego chloru w mg/l i zużycie chloru do nasycenia zapotrzebowania wody w mg/l Cl.

Jak widać z wykresu górnego, przebieg procesu w czasie rozpatrywanym można podzielić na 4 okresy: 1) od 7.X. do 3.XI — ze znacznymi zmianami bakteriologicznego składu wody, 2) od 3.XI do19.XI — z ustabilizowanym, doskonałym składem wody, 3) od 19.XI do 3 XII — z pogorszonym stanem wody, 4) od 5.XII do 21.XII — z wyraźnym nawrotem do dobrego sładu wody. Z wykresu dolnego widzimy, że po wprowadzeniu do zbiornika studni jednorazowej dawki chloru (0,42 mg/l) i dalszym zastosowaniu stałej małej dawki (0,065 mg/l) otrzymano niezwłoczny efekt bakteriobójczy, lecz na krótki czas. Po zwiększeniu stałej dawki (do 0,10 mg/l) liczba bakteryj i M. Coli wzrasta i pomimo dalszego powiększania dawki chloru do 0,30 — 0,35 mg/l, zawartość chloru pozostałego w wodzie utrzymuje się na stałym niskim poziomie (0,03 mg/l). Na pierwszy rzut oka można by przypuszczać, że te niekonsekwentne wyniki analiz mogą pochodzić z nieprawidłowego ich wykonania. Analizując jednak dalszy przebieg procesu i krzywą zużycia chloru do nasycenia zapotrzebowania wody dochodzę do wniosku, że mamy tu typowy, acz rozciągnięty na długi okres czasu tzw. proces chlorowania wody do nasycenia (break point chlorination). Proces ten występuje w

Tabela IV.
Chemiczne analizy wody ze studni przy ul. Szczytnickiej 2.

Oznaczenia	Data pobrania wody					
	21. 4 48	4. 11. 48	21. 12 48	24. 5 49	7. 10. 49	8. 11. 49
Mętność mg/l SiO_2	2	5	4	1	1	3
Barwa mg/l Pt	6	7	8	—	1	5
Zapach	1 R	1 R	2 R	1 R	1 R	1 R
pH	7,1	7.1	7 1	7.1	7,0	7.2
Twardość ogólna mg/l $CaCO_3$	170	—	—	212	257	221
Twardość niewęglanowa mg/l $CaCO_2$	45	—	—	72	92	71
Zasadowość mg/l $CaCO_3$	125	—	—	140	165	150
Fe mg/l	śl	0,8	0,8	śl.	0.2	0 1
Chlorki mg/l Cl'	75	98	122	106	100	98
NNH_4. mg/l	0,70	0,56	0 50	—	0 40	0.02
NNO_2 mg/l	0 050	0,030	0.010	—	0.024	0 000
NNO_3 mg/l	2.0	1,0	2.0	—	2.0	3.0
Utlenialność mg/l O_2	3.1	2.8	2,7	—	2 1	3.5
Chlor wolny mg/l Cl					0.03	0 20



Rys. 2.

wodach zawierających amoniak, w postaci wolnej lub soli amonowych, pod wpływem dodawanego chloru do ilości 8 — 10-krotnej lub więcej w stosunku do amoniaku, zależnie od stanu zanieczyszczenia wody. Po osiągnięciu szczytowego stężenia Cl: NH_4 dla danej wody następuje względnie szybki proces utleniania amoniaku i innych związków i daleko posunięta dezynfekcja. Po zakończeniu tego procesu nie znajdujemy w wodzie chloramin, amoniaku, zapachu nieutlenionych związków organicznych, drobnoustrojów itp. W warunkach obecnie rozpatrywanej studni, do której roztwór chlorowy spływa co powien czas w postaci pojedyńczych kropli, prawdopodobnie wytwarzają się na skutek braku mieszania się wody (studnia z pompą), strefy miejscowego zwiększonego stężenia chloru, w których przebiega proces chlorowania do nasycenia. W wyniku, dodawany chlor przez dłuższy czas zużywa się na miejscowe „break point'y" i nie powoduje zwiększenia ogólnej zawartości chloru pozostałego. Po strawieniu pewnego odsetka ciał zawartych w wodzie, a poddających się utlenianiu przede wszystkim NH_4, następuje (od 26.X) wzrost zawartości chloru pozostałego w całym zbiorniku i ogólnej „break point" w dniu 3.XI, w którym oznaczone zużycie chloru do nasycenia zapotrzebowania spada do 0,0 mg/l Cl. W tymże dniu występuje całkowita dezynfekcja wody, dająca najlepszy skład bakteriologiczny wody, którego normalnie nie można spodziewać się w podobnej studni. Potwierdzeniem tego procesu mogą być również analizy chemiczne wody (Tabela IV), które wykazują, że amoniak obecny uprzednio w wodzie w ilościach 0,50 — 0,70 mg/l NH_4 spadł w dniu 8.XI do 0,02 mg/l, a azotyny znikły całkowicie (na skutek ich utlenienia). Gdyby tak się zbiegło, że próbę do analizy chemicznej pobranoby w dniu 3.XI, na pewno zawartość amoniaku wypadłaby równa zeru. (W dniu 8.XI. krzywa zużycia chloru już wykazuje pewien wzrost).

Jak z powyższego można wnioskować absolutna wielkość dawki dodawanego do wody chloru nie jest miarodajną, ważnymi natomiast wielkościami dla ustalenia koniecznej dawki chloru i przebiegu procesu stałej dezynfekcji są 1) zużycie chloru do nasycenia zapotrzebowania wody, które odgrywa tu rolę podobną do biochemicznego zapotrzebowania wody na

tlen w biologicznych procesach oczyszczania się wód zanieczyszczonych oraz 2) aktualna zawartość w wodzie pozostałego chloru, odgrywającego rolę podobną do tlenu rozpuszczonego w wodzie.

Zebrany dotychczas materiał doświadczalny jest zbyt skąpy, aby pokusić się na próbę ustalenia wzajemnego ilościowego ich stosunku, przy którym można by z góry przewidzieć pożądany efekt dezynfekcji. Z nielicznych niestety zestawień wynika, że dobry stan wody dezynfekowanej następuje przy stosunku zawartości chloru do zużycia powyżej 1/5, pewna poprawa złej wody przy 1/8 ÷ 1/20, pogorszenie dobrej wody przy spadku do 1/30 ÷ 1/40, zły stan wody przy 1/50 ÷ 1/80. Liczby te są tylko z gruba orientacyjne i wymagają dokładnego sprawdzenia na licznych doświadczeniach.

W dalszych badaniach projektowanych do przeprowadzenia pod tym kątem widzenia, da się prawdopodobnie zgłębić i to zagadnienie.

W świetle obecnie posiadanego materiału, postępowanie w momencie zakładania przyrządu do studni w celu stałego dezynfekowania wody powinno przebiegać jak następuje: 1) ustalić zużycie chloru do nasycenia zapotrzebowania wody ze studni, 2) przeprowadzić dezynfekcję studni metodą chlorowania do nasycenia, 3) uruchomić przyrząd, ustawiając go na dawkę — 1/3÷1/5 (?) ustalonego zużycia chloru (p. 1). Po pewnym czasie sprawdzić analitycznie bakteriologiczny skład wody.

Prześledźmy teraz jakościowo dalszy przebieg procesu w zależności od tych dwóch wielkości.

Po punkcie krytycznym, który został uchwycony w dniu 3.XI. zawartość chloru pozostałego wzrasta pomimo obniżenia dawki dodawanego chloru — występuje to na skutek zerowego zużycia chloru przez wodę. Przy dalszym obniżeniu dawki (8.XI) i na skutek pewnego wzrostu zużycia (wpływ dopływu zanieczyszczeń), zawartość chloru spada i przez pewien czas utrzymuje się prawie na wysokości dodawanej dawki, czyli zużycie chloru w ciągu doby na likwidację dopływających zanieczyszczeń równa się ilości dodawanego chloru. W dniu 19.XI występuje nieco większe zanieczyszczenie studni, na skutek czego zużycie chloru wzrasta, prawdopodobnie ilość amoniaku również nieco wzrasta, gdyż po zwiększeniu dawki chloru występuje po raz drugi, aczkolwiek w mniejszej skali, proces chlorowania do nasycenia z typowym spadkiem zawartości chloru pozostałego i spadkiem zużycia chloru, który osiągnął minimum prawdopodobnie w dniu 3.XII, od kiedy zaznacza się poprawa składu wody. Od tego dnia zawartość chloru w wodzie powoli wzrasta, pomimo niezmienionej dawki chloru. Zużycie chloru wzrasta ponownie i to pozwala oczekiwać w następstwie nowego pogorszenia w składzie wody.

Z powyższego można wnioskować, że, gdyby dawka chloru X była utrzymana na takim poziomie, aby pozostały chlor utrzymywał się w wodzie na poziomie około 0,10 mg/l, zaś nadwyżka X — 0,1 mg/l wystarczała na likwidację organicznych zanieczyszczeń i amoniaku dopływającego do studni, co odbywałoby się prawdopodobnie w drodze miejscowo występujących breakpoint'ów — skład bakteriologiczny wody w studni byłby również stale w stanie nienagannej czystości.

8. Z braku typowych studzien wiejskich z zaczerpem za pomocą kubła, co powoduje dosyć skuteczne mieszanie wody w studni, nie można było ustalić, czy podobne mieszanie przyczyni się do szybszego wyrównania stężenia chloru w wodzie i skuteczniejszego przebiegu dezynfekcji Sprawa ta wymaga jeszcze wyjaśnienia. Z badań wykonanych wydaje się, że to nie będzie miało większego znaczenia, gdyż próby wody pobrane w dolnej części zbiornika studziennego (za pomocą pompy) i bezpośrednio z powierzchni, wykazywały na ogół podobny skład bakteriologiczny i nieznaczne różnice w zawartości chloru. Zbiornik wody w studni na Szczytnickiej 2 był względnie głęboki (1,70 m), co mogłoby wskazywać na szybką dyfuzję chloru w wodzie.

9. Używany w doświadczeniach przyrząd do dawkowania roztworu chlorowego, pomysłu autora, okazał się dosyć praktyczny, jednak nie pozbawiony niektórych wad.

Należą do nich:

a) za mała wydajność poszczególnych lewarków z 1 całą nicią, co zmuszało do używania nawet 9 lewarków na raz. Praktyczniejsze byłyby lewarki o wydajności po 4÷ ml roztworu na dobę. Może to być załatwione przez założenie do lewarków grubszych nici;

b) wydajność lewarków jest bardzo zależna od t^0 roztworu bądź środowiska (wpływ lepkości). Zjawisko to jest powszechnie znane, przypuszczałem jednak, że t^0 w krytej i dosyć głębokiej studni wykazuje mniejsze wahania temperatury. W stosunku do studni wiejskich ta cecha może być nawet pożądana, gdyż w okresie letnim zanieczyszczenie bywa z reguły większe, a zużycie chloru w wodzie szybsze.

c) Duża zależność wydajności lewarka od poziomu roztworu w naczyńku o stałym poziomie. Przy niedbałym zakładaniu korka z rurką odpływową „d", po ponownym wypełnieniu flaszki, można łatwo zmienić poziom roztworu w naczyniu z lewarkami, a tym

samym wydajność. Różnice mogą sięgać ponad 100%.

d) Krótkotrwały wiek nitki z nylonu pod działaniem chloru. W doświadczeniach laboratoryjnych nitki wytrzymywały do 7 miesięcy, w warunkach zaś doświadczeń terenowych — tylko 2 do 3 miesięcy. Zmusza to do szukania nitek z innego materiału bardziej odpornego na chlor.

Wnioski

1. Badania przeprowadzone w latach 1948 i 1949 wykazały, że za pomocą stałego chlorowania wody w studni kopanej, można otrzymać nienaganny bakteriologiczny skład wody, pomimo, że studnie są narażone na stałe zanieczyszczenie od zewnątrz.

2. Ta prosta i tania metoda może radykalnie zmienić pod względem sanitarnym stan zaopatrzenia w wodę ludności wiejskiej i małomiasteczkowej, pozbawionej możliwości korzystania z wody wodociągowej, a skazanej na korzystanie ze studzien. Tereny endemiczne duru brzusznego wymagają w pierwszej linii podobnej akcji.

3. Konieczne są dalsze badania nad procesem stałego chlorowania wody w studniach w celu dokładnego poznania kinetyki procesu i ustalenia sposobu wyznaczania niezbędnej dawki chloru. Badania te należy przeprowadzić na większej liczbie studzien typowych dla naszych warunków wiejskich i najczęściej spotykanych w kraju.

4. Niezbędne są również dalsze próby nad usprawnieniem przyrządu dawkującego, bądź zastąpienie go innym, bardziej doskonałym.

Wykonanie żmudnych obserwacyj nad wydajnością lewarków z nićmi rozmaitego rodzaju, prowadzonych w ciągu 2 lat, zawdzięczam Ob. inż. Janinie Schmidtowej, Kierownikowi Oddziału Wodnego Filii PZH we Wrocławiu, techniczne zaś wykonanie badań nad studniami — Ob. Ryszardowi Szczapińskiemu, Asystentowi tegoż Oddziału, za co składam Im swe serdeczne podziękowanie.

Streszczenie.

Autor proponuje w celu poprawy składu bakteriologicznego wody w zwykłych kopanych i narażonych na dopływ zanieczyszczeń studniach wprowadzenie zamiast ich przebudowy, co jest kosztowne i obecnie trudne do masowego przeprowadzenia— stałego chlorowania wody w samej studni. W tym celu autor skonstruował prosty i tani aparat, którego opis podano. Zasadniczą częścią aparatu jest lewarek szklany z nitką z nylonu. Wydajność lewarka wynosi od 1 do 7 cm³ na dobę. Potrzebną dawkę osiąga się przez zawieszenie odpowiedniej liczby lewarków.

W części doświadczalnej, wykonanej narazie na 2 studniach, wykazano możliwość utrzymania wody w studni w stanie nienagannej czystości oraz zależność bakteriologicznego składu wody od zawartości chloru pozostałego w wodzie, niemiarodajność polegania li tylko na wysokości dawki dodawanego chloru, duże znaczenie wielkości zużycia chloru do nasycenia zapotrzebowania wody. Wykazano poza tym, że w studniach przebiega periodycznie proces chlorowania do nasycenia. Ustalono plan dalszych badań

PIŚMIENNICTWO

Prace polskie:

1. Dr Bujwid Odo — Współczesne sposoby oczyszczania wód wodociągowych i kanałowych,—(Przegl. Gaz i Wod. 1924).
2. A. Szniolis — Dezynfekcja wody (Przegl. Techn. 1927).
3. Piotrowska Halina — O działaniu odkażającym Caporitu, — (Gaz i.Woda 1928, Nr 10),
4. A Szniolis — Chlorowanie małych ilości wody (Nowiny Społ. Lekarskie 1928, Nr 23),
5. A. Szniolis — Aparat do chlorowania wody „Autibacter"— Warszawa 1929),
6. A. Szniolis — Chlorination of small quantities of the water — (Warszawa 1931),
7. Dr G. Szulc i inż. J. Just — Uproszczona metoda chlorowania małych ilości wody do picia — (Medycyna 1931, Nr 15 i 16),
8. Z. Bahdanowiczówna — Zastosowanie nowej metody wyjaławiania płynów za pomocą prądu elektrycznego — (Med. Dośw. i Społ. 1932. Nr 3 — 4 i 5 — 6),
9. Chlorination de l'eau par petites quantites — par A. Szniolis — (Comptes rendus et Communications de III-e Congres International de Technique Sanitaire et d'Hygiene Urbaine, Lyon, 1932, strona 200).
10. Dr inż. Imhoff i Dr Fr Sierp — Filtry z zastosowaniem węgla aktywnego do polepszenia smaku chlorowanej wody do picia, — (Biuletyn Wodoc.-Kanaliz. 1933, Nr 1).
11. Ignacy Piotrowski — Chlorowanie wody na podstawie praktyki wodociągu warszawskiego, — (Gaz i Woda 1933, Nr 7),
12. Inż. Rabczewski Włodz. — Otwarcie chlorowni i pracowni badawczej w wodociągach krakowskich, — (Gaz i Woda 1933, Nr 12).
13. Inż. A. Szniolis i inż. J. Just — Werdenizacja wody do picia, — (Zdrowie 1933, Nr 19 — 20).
14. Inż. J. Just i inż, A. Szniolis — Z badań nad ustaleniem warunków prawidłowego chlorowania wody, — (Zdrowie Publiczne 1934, Nr 9).
15. Inż. Klauser R. i inż. Bellazko F. — Oczyszczanie wody prądem elektrycznym, — (Gaz i Woda 1934, Nr 5),
16. Inż, A. Szniolis i inż. J, Just. — Verdunizacija pitne vode — (Plyn a Voda, Praha 1934),
17. J. Just i A. Szniolis — Nowa metoda oznaczania chemicznego małych ilości srebra w wodzie, — (Arch. Chemii i Farmacji, 1935),
18. Jnż. J. Just i inż. A. Szniolis — Bakteriobójcze własności srebra i jego dostosowanie do odkażania wody — (Zdrowie Publiczne, 1935, Nr 11),
19. Inż. Kątkowski Eugeniusz — O odkażaniu wody dla wodociągów miejskich — (Gaz i Woda 1935, str. 211),
21. Inż. A. Szniolis i inż. J. Just — Bakteriobójcze własności srebra i jego zastosowanie do dezynfekcji wody, — (Gaz i Woda 1935. str. 201).
21. Inż. A. Szniolis i inż. J. Just — O możliwościach zastosowania srebra do dezynfekcji wody, — (Przegląd Techniczny 1935, Nr 15),
22. J. Just and. A. Szniolis — Germicidal properties of silver in water — (J.A.W.W.A. 1935, N 4):
23. Inż. Kielanowski Tadeusz — Chlorowanie i chloraminowanie wody wodociągowej, — Gaz, Woda i Technika Sanitarna 1937, Nr 3),
24. Dr J. Babecki — Premier raports sur les moyens d'examen et desinfections de l'eau pour les troupes en campagne 1938)

25. Inż. J. Stiksa — Chlorowanie wody i ścieków kanałowych, — Gaz, Woda i Techn. Sanit. 1938, str, 57 — 69),
26. A. Sznio is i J. Just — Aparat do automatycznego chlorowania małych ilości wody do picia, — (Zdrowie Publiczne, 1939),
27. A Szniolis — Niszczenie jawnych źródeł zakażenia w walce z durem brzusznym, — (Polski Tyg. Lekarski 1947).
28. Hermanowicz W. — Modyfikacja metody ortotolidynowej wykrywania wolnego chloru, — (G. W. i T.S. 1947, Nr 9),
29. Rybak Witold — Aparatura chlorowania typu Timmermanna — G W. i T.S. 1948, str. 214):
30 Dr inż. J. Just — Połomy litis a obecnie stosowane metody oczyszczania wody, — (G.W. i T.S. 1949. Nr 2):
31. Dr W Hermanowicz i mgr. W. Dożańska — Oznaczanie produktów hydrolizy chloru w roztworach wodnych — (G.W. i T.S. 1949. Nr 9).
32. Dr Inż, J. Just. Dr W Hermanowicz i mgr. W. Dożańska — Produkty hydrolizy chloru w aparaturze chlorowej typu Timmerman a, — (G W. i T,S. 1949, Nr 10),
33. Inż W. Szypowski — Proces chlorowania wody do nasycenia w zastosowaniu do odkażania studzien, (rękopis) — (G W. i T.S. 1950).

Prace obce:

1. K Kellerman. R. W. Pratt and E. Kimberly — The disinfection of sewage effluents for the protection of public Water Supplies, — (Govern, Printing Office, Washington 1907)
2 J. Race — Chlorination of Water, — (New York 1918),
3. F Feigl — Silberbestimmung mittelst p. Dimesthylaminobenzyl denrhodanin, — (Zeitschr, anal, Chemie 1923).
4. Hale. F. E. — Effect of Chlorine on Nitrogen in Sewage Effluent Treatment (Water Works Eng, 1927, (1135).
5. Enslow. L H. — Recent Developments in Sewage Chlorination (Proceedings 1927, (317),
6. Dr Beseman — Das Chlorbingungsvermögen des Wassers (Vom Wasser 1928).
7. W. E. Hilgers — Neuere Chlorpräparate zur Trinkwasserdesinfection (Gesundheits Ing. 1928, Heft 12),
8. G. A. Krause — Neue Wege zur Wassersterilisierung (Katadyn), (Verlag Bergmann, München, 1928).
9. W, Olszewski — Neuere Erfahrungen bei der Desinfection vom Schwimmbeckenwasser (Vom Wasser 1928).
10. W. Olszewski — Die Desinfection von Wasser mit Silbersalzen sowie mit Katadynsilber (Vom Wasser 1929).
11. K. Imhoff und F. Sierp — Filter aus aktiver Kohle zur Verbesserung des Geschmacks von gechlortem Trinkwasser (Gas- u. Wasserfach 1929 Mai).
12. W. Olszewski — Die Desinfection von Wasser mit Silbersalzen sowie mit Katadynsilber (Vom Wasser 1929),
13. H. Pick — Entchlorung von Trinkwasser durch aktive Kohle (Vom Wasser, III Band, 1929),
14. Dr A. Massing — Die Beeinflussung der Säurestufe durch Chlorung des Wassers (Vom Wasser 1930),
15. Dr T. Folpmers (Rotterdam) — Neue Erfahrungen bei der Entkeimung von Wasser durch Chlor und Chlorverbindungen (Vom Wasser 1931),
16. Dr G. Ebeling — Einfluss der Abwasserchlorung auf Fischgewässer (Vom Wasser 1931),
17. W. Olszewski — Versuche zur Wasserdesinfektion mit Cer-Präparaten (Vom Wasser 1932),
18. G. A. Krause — Wasserentkeimung durch das Elektrokatadynverfahren (Vom Wasser 1933),
19. Van der Leeden (Neumünkster) — Entkeimung des Wassers durch Oberflächenwirkung kristalliner Metalle (Vom Wasser 1933).
20. Scott. R. D. — Effect of iron in the determination of residual chlorine (J.A.W.W.A. 1934. str 1234—37).
21. S. V. Moiseev — The sterilisation of drinking water by silver coated sand (J A.W.W.A. 1934),
22. L Farey — Dix ans de sterilisation par l'ozone a l'Usine de Pont Ar Bled (Brest) (1935),
23. H. Henkelekian and H. B. Schulthoff — Studies on the Survival of B typhosus in Surface Waters and Sewage (N. Jersey Agr. Exp. Station, Bulletin 589, 1935, June).
24. John R Baylis — Elimination of taste and odor in water (Mc Graw-Hill Beck Co 1935),
25. L S Heatman, G. O. Pierce and P. Kabler — Resistance of various strains of B Typhi and Coli aerogenes to Chlorine and Chloramine (Publ Health Reports 1936 Catsber.).
26. W. Rudolfs and H W. Cohm — Sewage Chlorination Studies (Bulletin 601 N. J Agr. Exp, St. 1936).
27. Dr L. W. Hease — Chemisches von der Chlorung (Vom Wasser, XI Band, 1936).
28, F. C. Schmelkes, E. S. Horning and G. A Campbell — Electro-chemical properties of Chlorinated Water (J A.W. W.A. 1939).
29. F Sierp. A. Splittgerber und H. Holthöfer — Technologie des Wassers, Band VIII/I der „Handbuch der Lebensmittelchemie" von A. Bömer, A. Juckenack, J. Tillmans, (J. Springer, Berlin, 1939).
30. Laux, P. C. — Break point chlorination at Anderson (J.A. W.W A. 1940, 1027—37).
31. N. S. Chamberlin — The Determination of high Chlorine Residuals (Water Works & Sewerage 1942, Nev.).
32. N. S. Chamberlin and J R. Glass — Colorimetric Determination of Chlorine Residuals up to 10 ppm with Orthotolidine (J.A.W.W.A. 1943, Aug. & Sept):
33. R. W. Kehr and Chester T. Butterfield — Notes on the Relation between Coliforms and Enteric Pathogens (Publ. Health, Reports 1943, April).
34. Safe Handling of Chlorine (Safe Practices Pamphlet Nr 71, National Safety Council, Chicago).
35. Butterfield, C. T.; Wattie, E.; Megregian, S. and Chambers C. W. — Influence of pH and Temperature on Survival of Coliform and Enteric Pathogens when Exposed to Free Chlorine (Publ ,Health Reports 1943, Dec).
36. E. Wattie and C. W. Chambers — Relative Resistance of Coliform Organisms and Certain Enteric Pathogens to Excess Lime Treatment (J.A.W.W.A. 1943, Nr 6, June).
37. W. A. Moore, S. Megregian and C. C. Ruchhoft — Some chemical aspects of ammonia-chlorine treatment of water (J.A.W.W.A. 1943, Oct).
38. Shih Lu Chang — Studies on Entamoeba Histolytica Destruction by a hypochlorite solution, chloramines and gaseous chlorine (War Medicine 1944, January),
39. L. J. Alexander — Control of Iron and Sulfur Organisms by Super chlorination and De-chlorination (J A.W.W.A. 1944, Dec.).
40. E. Wattie and C. T. Butterfield — Relative Resistance of Escherichia Coli and Eberthella Typhosa to Chlorine and Chloramines (Publ. Health Reports 1944, Dec,).
41. R. B. Phelps — Stream Sanitation (and Stream Microbiology) (J. Whey & Sons, N. York, 1944).

42. A. E. Griffin — Chlorine for Ammonia Removal (Proc. 5-th Ann. Water Conf, Engrs. Soc. West Pa, 1944),
43. Wattie, E. and Butterfield, C. T. — Influence of pH and Temperature on Survival of Coliforms and Enteric Pathogens When E posed Chloramine (Publ. Health Reports 1946. Febr).
44. Griffin, A. E. — The Practice and Control of Break point Chlorination (Techn, Publication No 213, Wallace & Tiernan Co. Newark, N J.).
45. Gilreas F. W. and Hallinan, F. J. — Practical use of orho to'i ine-arsenite tes for residual chlorine (J.A.W.W.A. 1944, Dec).
46. Tests for Residual Chlorine and Ammonia (Bulletin Nr 33, New York State Dept, of Health),
47. A. E. Griffin and N. S. Chamberlin — Exploring the Effect of Heavy Doses of Chlorine in Sewage (Sewage Works Journ. 1945, July).
48. A E. Griffin and N. S. Chamberlin — Bacteriogical Improvements Obtained by the Practice of Break point Chlorination (A J. of Publ. Health 1945, Nr, 3),
49. Gordon M Fair and Shih Lu Chang — Destruction of Water-borne cysts of Entamoeba Histolytica by Synthetic Detergents (J.A.W.W.A. 1945, March).
50. John C. Geyer — Chlorination of Drinking Water (U. S. Naval Med c. Bull. 1945).
51. E Mc Culloch — Disinfection and Sterilization (Lea & Febiger, Philadelphia, Second Edition),
52 Otto Rahn — Injury and death of bacteria by chemical
53. Griffin, A. E and Chamberlin, N. S. — Bacteriological agen s (Publ. Biodyramica 1945).
improvements obtained by practice of break-point chlorination(Am J. Publ. Health 1945, March).
54. Shih Lu Chang — Applicability of o idation potential Measurements in determi ation the concentration of germicidally active chlorine in water (J. N. Eng. W. W. A. 1945, March).
55. Cecil K. Calvert — Main Disinfection (J.A.W.W.A. 1948 Nr 2).
56. S.G. Lensen, M. Rhian and M. R. Stebbins — The inactivation of Partially Purified Poliomyelitis in Water by Chlorination (J A W.W.A. 1946, Sept,).
57. S. C. Presco t, Ch. E. Winslow and Mc Crady — Water Bac eriology, 6-th Edition (J. Wiley & Sons, N. York, 1946).
58. A. E. Griffin — Chlorine for Ammonia Removal (Fifth Ann. Water Confer, Proceedings Eng's Society of W Pa),
59. Gordon M. Fair. J. C. Morris. Shih Lu Chang — The behavior of Chlorine as a Water Disinfectant (J.A.W.W.A. 1948, 1057—1061).
60. J. E. Hall a d C. E. Blundell — The Use of Break-point Chlorination and Sterilized Water in Canning and Freesing Plants (Wallace & Tiernan).
61. Gordon M Fair, J. C Morris and Shih Lu Chang — The Dynamics of Water Chlorination (Water & Water Eng. 1948, July).
62. C. T. Butterfield — Bactericidal Properties of Free and Combined Chlorine (J.A.W.W.A. 1948, Dec).
63. J. S. Dunn — „Break-point" (Water and Water Eng, 1949, Febr.)
64. Chlorination of Water Supplies, Report of the Water E am, Committee, London, Metrop. Water Exam, Board (1949 Febr. 18).
65. G M. Riderour and E. M. Armbruster — Bactericidal Effect of Chlorine Dioxide (J A.W W A, 1949, June).
66. D. B. Williams — A New Method of Odor Control (J.A. W.W.A. 1949, May).
67. K. F. Ma cy — Supposed Involvement of Water Supplies in Poliomyelitis Transmission (J.A.W.W.A 1949, August).
68. W. L. Newton and M. F. Jones — Effectiveness of Silver Ions Against Cysts of Entamoeba histolytica (J.A.W.W.A. 1949, November).
69. E. T. Taylor — Philadelphia Ozonation Plant (J.A.W. W.A. 1949).

Dr inż. WOJCIECH OLPIŃSKI

W sprawie graficznej kontroli gazu generatorowego

Uwagi na marginesie artykułu Dr inż. J. Dolińskiego pt. „Przestrzenny grafikon gazu generatorowego" [1])

W Nr 4 1949 zamieściliśmy ciekawą pracę dr inż. Jarosława Dolińskiego pt. „Przestrzenny grafikon gazu generatorowego", w której autor wskazuje na wielkie ułatwienia, jakie można osiągnąć w chemicznej kontroli procesu gazowania przy pomocy metody graficznej.

W załączeniu podajemy interesujące uwagi na ten temat nadesłane przez dr inż. Wojciecha Olpińskiego. Poruszane przez obu Autorów zagadnienia — traktujemy jako materiał dyskusyjny.

Redakcja

Próba Dr J. Dolińskiego rozszerzenia opracowanego przez Niego sposobu obserwacji biegu generatorów powietrzno-wodnych na generatory tlenowo-wodne i powietrzno-tlenowo-wodne jest bardzo interesującą, gdyż generatory tego rodzaju znajdą prawdopodobnie i w naszym przemyśle ważne zastosowanie. Przypuszczam, że Autor poruszając ten problem pragnął przede wszystkim wywołać dyskusję na ten temat. Niżej podane uwagi, opóźnione wprawdzie lecz niemniej aktualne, mają na celu nieco odmienne naświetlenie powyższego zagadnienia.

Jeżeli stosunek tlenu do powietrza w podmuchu generatora jest stały, proces zgazowania można przedstawić sposobem poprzednio opracowanym przez dr

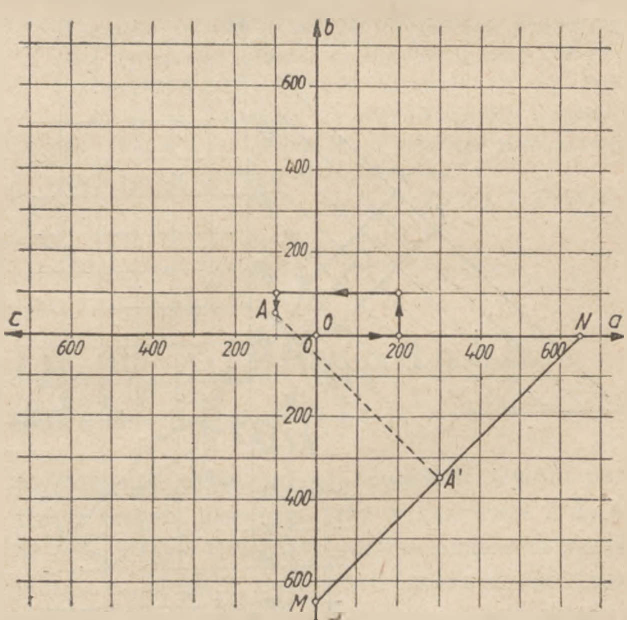
[1]) Gaz, Woda i Technika San. 23, 111 (1949).

Dolińskiego [2]), z tą różnicą, że w reakcji spalania, którą można napisać w ogólnej formie: $C + O_2 + xN_2 = CO_2 + xN_2$ zamiast współczynnika x wstawia się cyfrę, wskazującą ile moli azotu w stosunku do jednego mola tlenu znajduje się w podmuchu. Współczynnik ten więc będzie się wahać od 3,7619 przy powietrzu bez tlenu do zera przy tlenie bez powietrza. Poprostu dla każdego poszczególnego przypadku x posługiwać się możemy przekrojem czworościanu równobocznego podanego przez dr Dolińskiego [1]), przekrojem przechodzącym zawsze przez krawędź łączącą wierzchołki $C + CO_2 = 2\,CO$ oraz $C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2$, a przecinającym w punkcie odpowiadającym współczynnikowi x krawędź łączącą wierzchołki spalania w czystym tlenie i w czystym powietrzu. Dla stałego x poprzednie rozważania dr Dolińskiego [2]) i prof. Dawidowskiego [3]) pozostają nadal ważne.

Sprawa komplikuje się, jeżeli chcemy przedstawić bieg generatorów, przy zmiennym stosunku tlenu do powietrza czyli przy zmiennym x. Nie wydaje mi się, by przestrzenny model (tak rozumiem z dalszych wywodów dr Dolińskiego wyraz „przestrzenny grafikon") proponowany w tym celu przez dr Dolińskiego, przyjął się łatwo w praktyce. Stosowanie modeli przestrzennych jest celowe i korzystne tam, gdzie chodzi o syntetyczne ujęcie zależności kilku parametrów i o wyrobienie pewnego ogólnego poglądu na całość zagadnienia. Natomiast do dokładnych obliczeń metodą graficzną należy stosować raczej zamiast modelu — rzuty odpowiednio pomyślanej bryły. Zwłaszcza trudno byłoby stosować model przestrzenny tak jak to proponuje dr Doliński — „tak, aby obserwator znajdował się w środku i był z 3-ch stron otoczony wykresem". Praktycznie trudno znaleźć wewnątrz modelu miejsce dla obserwatora, gdyż należałoby tam umieścić różne punkty, linie i płaszczyzny charakterystyczne i orientacyjne; pozostałaby obserwacja z poza granic modelu, czyli nie wiele ponad to, co może dać rzut.

Ponieważ pragnąłbym, aby uwagi moje miały wartość pozytywną dla omawianego problemu — spróbujmy zastanowić się, który ze sposobów przedstawiania wieloskładnikowych układów byłby najodpowiedniejszy dla niniejszego przypadku. Omawiany układ — jeżeli nie stawia się żadnych ograniczeń pod względem stosunku ilości pary wodnej do tlenu lub tlenu do powietrza itp. — jest układem czteroskładnikowym, niezależnie od tego czy uważa się za składniki pierwiastki: węgiel, wodór, tlen, azot czy też substraty reakcji: węgiel, wodę, powietrze, tlen czy też wymienione przez dr Dolińskiego 4 zasadnicze reakcje. Graficzne sposoby przedstawiania układów czteroskładnikowych a nawet wyższych przy pomocy rzutów zostały już opracowane, tak, że wybór nie będzie trudny. Możliwe, że nie wszyscy czytelnicy są dostatecznie zorientowani w tych geometrycznych problemach, więc — by być zrozumiałym — krótko przedstawię ich zasady.

Reakcje czteroskładnikowe najwygodniej można przedstawić w czworobocznej piramidzie odwróconej podstawą ku górze (opartej na swoim wierzchołku). Każda krawędź piramidy odpowiada jednemu składnikowi układu, u wierzchołka zawartość składników wynosi zero i rośnie ku górze stosownie do przyjętej skali. Piramida może być od góry ograniczona, jeżeli zawartość składników podaje się w cyfrach względnych np. w procentach, lub nieograniczona jeżeli zawartość ich podaje się w cyfrach bezwzględnych np. ilość każdego z trzech składników układu na określoną ilość składnika czwartego. Do jednoznacznego przedstawienia układu powinna wystarczyć znajomość prawideł na których opiera się wybrany sposób przedstawienia układu oraz dwa rzuty bryły otrzymanej przez umieszczenie w piramidzie punktów przedstawiających różne stany omawianego układu. Dla przypadku gazów generatorowych piramida ograniczona raczej jest niewłaściwa, natomiast nie ograniczona wydaje się być bardzo odpowiednią, z tym, że należy posługiwać się dwoma rzutami: pionowym na powierzchnię, na której opiera się wierzchołek piramidy i poziomym na



Rys. 1.

[2]) Przemysł Chem. 11, 757 (1927),

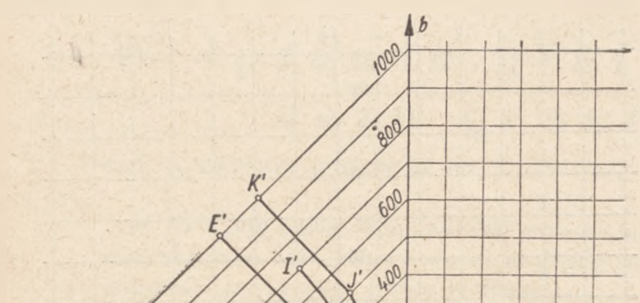
[3]) Fuel in Science and Pract. 17, 164 (1938),

jedną z jej ścian. Z rzutu pionowego odczytujemy dwie różnice zawartości składników umieszczonych na przeciwległych osiach. Z rzutu poziomego odczytujemy sumę zawartości wszystkich składników, czwarty parametr musi wynikać z założeń konstrukcji (np. z tego, że zawartość wszystkich składników wyrażono na 100 jednostek składnika pierwszego. W ten sposób zdobywamy cztery relacje, z których obliczamy niewiadomą zawartość czterech składników.

Na rys. 1 podano przykład umieszczenia punktu A odpowiadającego zawartości czterech składników a, b, c, d. Cztery osie rysunku odpowiadają rzutom czterech krawędzi piramidy. Przyjmijmy, że przedstawiać będziemy skład układu w stosunku do 100 jednostek składnika b. Stan A układu podają np. następujące cyfry:

$$
\begin{aligned}
a &= 200\\
b &= 100\\
c &= 300\\
d &= 50\\
\hline
 & \ 650
\end{aligned}
$$

Dla umieszczenia punktu A na wykresie, postępujemy następująco: wychodząc z punktu O odcinamy pierwszy składnik na odpowiedniej osi np. 200 a, z tego punktu równolegle do osi drugiej odcinamy składnik drugi np. 100 b, następnie 300 c równolegle do osi c, i w końcu podobnie 50 d. Kolejność składników obojętna. Wyobraźmy sobie, że w rzeczywistości przy wykonywaniu tych czynności wędrujemy coraz wyżej i w punkcie A znajdziemy się na wysokości 650. Teraz zrozumiemy łatwo, że dla wyznaczenia rzutu poziomego np. na płaszczyznę ograniczoną krawędziami a i d musimy najpierw wyznaczyć ślad płaszczyzny



Ryc. 2.

poziomej odległej 650 jednostek od wierzchołka. Śladem tym jest linia NM. Prostopadła do linii NM wykreślona z punktu A wyznacza poszukiwany rzut A'. Wykonajmy teraz drogę odwrotną: Mamy dane rzuty A i A' (pomocniczą konstrukcję poprzednich rozważań usuńmy), oraz wiemy z założeń konstrukcyjnych, że b = 100 obliczmy zawartość składników układu:

odczytujemy z rysunku

$$
\begin{aligned}
c - a &= 100\\
b - d &= 50\\
a + b + c + d &= 650\\
b &= 100
\end{aligned}
$$

po rozwiązaniu powyższych równań otrzymamy a = 200, c = 300, d = 50. W ten sposób więc można na płaskiej figurze przedstawić z dowolną dokładnością i zupełnie jednoznacznie rozmaite stany układu czteroskładnikowego.

Wróćmy do reakcji generatorowych. Cztery zasadnicze reakcje wymienione przez dr Dolińskiego oznaczać będziemy w dalszym ciągu następującymi literami:

literą a reakcję

$$C + O_2 + 3{,}7619\,N_2 = CO_2 + 3{,}7619\,N_2$$

literą b reakcję

$$C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2$$

literą c reakcję

$$C + CO_2 = 2\,CO$$

literą d reakcję

$$C + O_2 = CO_2$$

Dla przykładu przeliczyłem w powyższy sposób 12 gazów (tablica 1 i rys. 2). Sześć z nich E — K to wierzchołki „sześcioboku Dolińskiego" wytyczające granice pola, w którym mieszczą się gazy powietrzno-wodne. Następne sześć I — VI to gazy powietrzno-tlenowo-wodne otrzymane przez zgazowanie koksu podmuchem o zmiennym stosunku tlenu do powietrza, w/g Sziszakowa[4]). Skład gazów podany przez tego autora przeliczony został na skład teoretyczny (paliwa bez części lotnych) sposobem, który tu pominę. W kolumnach 9 — 12 udział reakcji wyrażono w procentach, w kolumnach 13 — 16 na 100 jednostek molarnych lub objętościowych reakcji b. Ostatnio wymienione wartości umieszczono na rys. 2. Ponieważ rzut pionowy wymienionych punktów mieści się w ćwiartkach IV i III wykresu, rzut poziomy wykonano na ścianę ograniczoną krawędziami d i b. Zarówno sześciobok (który ma zupełnie inny kształt niż w układzie trójkątnym) jak i krzywa podająca zmianę składu gazów pod wpływem zmiany ilości tlenu w podmuchu mają zupełnie jednoznaczne położenie i mogą być

[4]) N. W. Sziszakow, Osnowy proizwodstwa gorjuczich gazow, Moskwa—Leningrad 1948 r., str. 424.

Tablica 1

Oznaczenie punktu	% tlenu w suchym podmuchu	x	skład gazu % obj.				Ciepło spalania	udział reakcji							
			CO_2	CO	H_2	N_2		%				na 100 b			
								a	b	c	d	a	c	d	a+b+c+d
1	2	3	4	5	6	7	3	9	10	11	12	13	14	15	16
E	20,9	3,7619	0,00	37 0	7,4	55,6	1341	40	10	50	—	400	500	—	1000
F	20,9	3,7619	0,00	39 55	15,82	44,63	1677	30	20	50	—	150	250	—	500
G	20.9	3,7619	7,33	29,32	21.99	41,36	1555	30	30	40	—	100	133	—	333
H	20 9	3,7619	12,9	19.3	19,4	48,4	1175	40	30	30	—	133	100	—	333
I	20,9	3,7619	12,2	18,3	12,2	57,3	925	50	20	30	—	250	50	—	500
K	20,9	3,7619,	6,5	25,9	6,5	61,1	980	50	10	40	—	500	400	—	1000
I	21,0	3,7619	6,27	27,20	9,48	57,0	1110	45,1	14 3	40,6	—	316	284	—	700
II	30,2	2,31	13 0	28,3	25,7	33,0	1638	21,2	31,2	34.2	13,4	68	110	43	321
III	40,0	1,50	15,1	31,7	27,0	26,2	1781	15,0	28,9	33,8	22,3	52	117	77	346
IV	49,9	1.00	16,1	35 5	29,2	19,2	1963	10.1	28,6	35,0	26,3	35	122	92	349
V	59,9	0,67	18,0	38,0	29,0	15,0	2032	7,0	25 9	33,9	33,2	27	131	128	386
VI	70,6	0,416	20,0	40,6	28,6	10,8	2098	4,7	28,6	33,5	28,2	20	142	162	424

wciągnięte do rozważań zarówno teoretycznych jak i praktycznych. Dla dokładnych obliczeń można posługiwać się wykresem (lub jego wycinkiem) odpowiednio powiększonym, a przez pokrycie obu rzutów siatką wskazującą zawartość CO_2, N_2, ciepło spalania itp. można powyższym wykresem posługiwać się podobnie jak to dla przypadku gazów powietrzno-wodnych opracował dr Doliński.

Na zakończenie chciałbym wyrazić jeszcze jedną nasuwającą mi się uwagę w związku z zawartością części lotnych w paliwie. Dr Doliński wprowadził dla gazów powietrzno-wodnych empiryczną poprawkę, co jest zrozumiałe w przypadku gazowni zgazowującej własny koks, o bardzo małych wahaniach składu. Prof. Dawidowski uzupełnił te rozważania, proponując graficzny sposób eliminacji składników gazowych, pochodzących z rozkładu części lotnych. Dla częściowego przynajmniej zrównoważenia ceny drogiego tlenu do produkcji gazu tlenowo-wodnego stosuje się najtańsze paliwa takie jak miał węgla kamiennego, lub brunatnego, lub miały półkoksów z tych paliw. Paliwa te jednak zawierają duże ilości części lotnych i należałoby się zastanowić czy obserwacja graficzna poważnie skorygowanych składów gazów będzie miała praktyczną wartość, czy też w tym przypadku należałoby przejść do układów jeszcze wyższych uwzględniających udział w reakcji części lotnych. Dokładnie przepracowane rozważania, które mogłem tu przedstawić tylko szkicowo miałyby dużą wartość zarówno teoretyczną jak i praktyczną.

W związku z pracą dr inż. W. Olpińskiego — dr inż. J. Doliński nadesłał do Redakcji poniższą wypowiedź, którą w całości zamieszczamy:

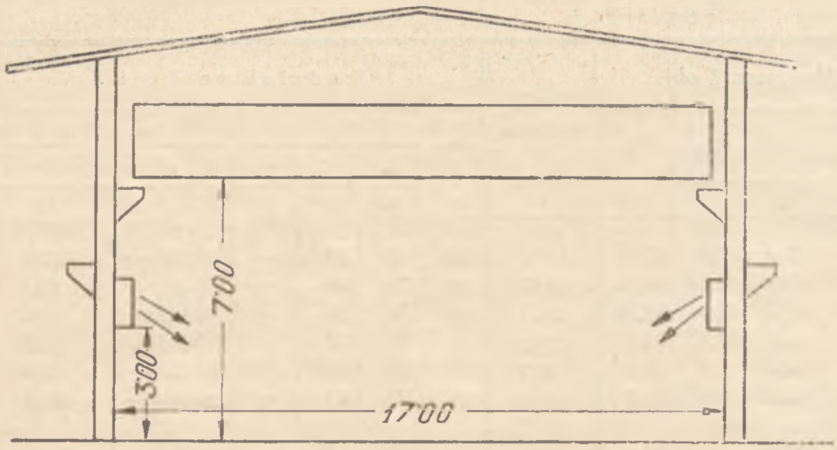
Cieszę się, że artykuł mój wywołał rzeczową dyskusję. Wszystkie wywody dr inż. W. Olpińskiego, poparte cyframi i wykresami, uważam za zupełnie słuszne. Już po wydrukowaniu mojej rozprawki nasuwały mi się podobne myśli, ale nie przybrały tak skrystalizowanej i jasnej formy, toteż z pracy dr inż. W. Olpińskiego wiele skorzystałem i jestem autorowi za to wdzięczny.

Dr inż. J. Doliński

Inż. BOLESŁAW SIŁKA

Wykorzystanie pary w przewodach do odprowadzania skroplin

Przy ogrzewaniu hal fabrycznych znajdują często zastosowanie paropowietrzne zespoły grzejne z użyciem pary wysokoprężnej (powyżej 1,5 ata). Wysokość ustawienia zespołu grzejnego nad podłogą zależy od temperatury i prędkości ogrzanego powietrza oraz od wysokości budynku. W przeważnej większości wypadków najodpowiedniejsza wysokość wylotu powietrza z zespołu grzejnego leży w granicach 2 do 4 m. W halach (rys. 1) zespoły grzejne umieszcza się przeważnie na słupach, na których opiera się konstrukcja dachu bądź toru dla suwnic, wymagających odpowiednio wielkiego profilu dla swobodnej jazdy i obsłuże-



Rys. 1.

nia jak największej powierzchni podłogi. Wysokość przestrzeni, w której suwnica nie powinna być krępowana żadnymi przeszkodami ruchu np. rurami, wynosi z reguły co najmniej sześć metrów. Tyleż miejsca potrzeba dla swobody ruchu poprzecznego tj. pomiędzy słupami prostopadle do rysunku. Zatem przewody magistralne, doprowadzające od słupa do słupa parę do zespołów grzejnych i odprowadzające skropliny, jeżeli nie zamierza się poprowadzić je kanałami podłogowymi, muszą być ułożone powyżej wolnego profilu suwnic tj. wyżej niż 6 m. W tym wypadku zespół grzejny będzie ustawiony poniżej przewodów, czyli zatopiony.

Takie wzajemne położenie zespołu grzejnego i rur jest powodem następujących trudności:

1) konieczność opróżniania zespołu z wody z obawy przed zamarzaniem w czasie przerw ruchu ogrzewania w zimowej porze;
2) potrzeba podnoszenia skroplin z zespołu grzejnego do głównego przewodu dla skroplin, położonego wyżej jak odwadniacz.

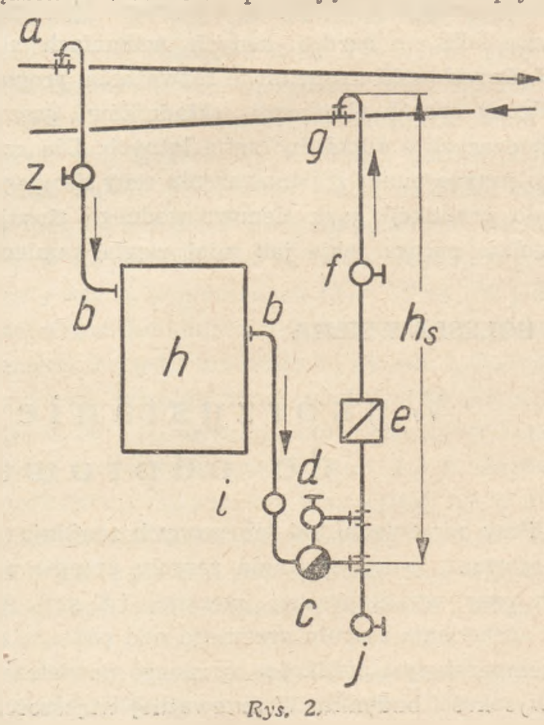
Rysunek 2 przedstawia schematycznie sposób przyłączenia do sieci zatopionego zespołu grzejnego. Przewód parowy odgałęzia się od góry (a) magistrali, aby uchronić aparat grzejny przed mokrą parą ze skroplinami jako obniżającą skutek ogrzewczy. Na podłączeniu powinien być zawór parowy (z). Aparat ogrzewczy (h) łączy się z przewodami (b) przy zastosowaniu łączników, bądź też kołnierzy. Odwadniacz (c), tylko pływakowy, o ile możności z otwartym pływakiem, umieszcza się nisko, w łatwo dostępnym miejscu — jest to bowiem najczulszy punkt zespołu.

Takie usytuowanie zapewnia następujące korzyści:

1) skropliny odpływają z nagrzewnic grawitacyjnie,
2) odwadniacz może być z łatwością kontrolowany (pulsacja odw. z otwartym pływakiem),
3) ułatwione odpowietrzanie przy uruchomieniu ogrzewania oraz odwodnienie w obawie przed grożącym zamarznięciem,
4) łatwa periodyczna kontrola i oczyszczanie odwadniacza.

Jeżeli odwadniacz nie posiada własnego odpowiednika solidnej konstrukcji, można wykonać osobne odpowietrzenie z zaworem (d). Dalej przewiduje się zawór zwrotny (e) nie dopuszczający do wstecznego ogrzewania chwilowo wyłączonego z obiegu aparatu, lub jego zalania skroplinami w wypadku jakichś zaburzeń w rurach do skroplin. Zawór na podłączeniu dla skroplin (f) daje możność zupełnego wyłączenia z obiegu nagrzewnicy np. do naprawy. Wejście do przewodu magistralnego (g) również ma być od góry. Przed (c) dobrze jest dać jeszcze osadnik-błotnik (i) o konstrukcji nie dopuszczającej do zastoju wody. Nie wolno zapominać o kurku spustowym (j), który się może również przydać przy kalorymetrycznym badaniu odwadniacza ze względu na możliwe straty pary. Rozumie się samo przez się, że w tym wypadku również sam odwadniacz powinien posiadać odwodnienie w najniższym miejscu osłony. Byłoby wskazane utrudnić „niepowołanej osobie" dostęp do nisko położonych części urządzenia przez umieszczenie ich w odpowiedniej szafce pod kluczem.

Podnoszenie skroplin nie wymaga dodatkowych urządzeń — zadanie to spełniają bez zawodu pływako-



Rys. 2.

we odwadniacze. Koniecznym warunkiem sprawnego działania jest uzyskanie przeciwprężności, będącej do dyspozycji już w odwadniaczu, której wysokość zależy od statycznej wysokości podnoszenia hs (rys. 2) od prędkości skroplin i pary oraz od oporów tarcia i oporów miejscowych w przewodzie tłocznym. Zazwyczaj projektuje się tak, aby przeciwciśnienie oporów w przewodach i aparatach było równe statycznej wysokości hs. Przeciwciśnienie to wynosi zwykle około 1 atn. Jeżeli w odwadniaczu panuje ciśnienie P_2, skropliny po przejściu przez zawór sterujący posiadają temperaturę t_2, która będzie wyższą od temperatury t_1 odpowiadającej ciśnieniu p_1 w magistrali dla skroplin. Takie „przegrzanie" wody staje się przyczyną wyparowania pewnej jej części kosztem oziębienia reszty skroplin do temperatury t_1. Bilans cieplny tego procesu dla 1 kg wody opuszczającej odwadniacz przedstawia się następująco:

$$ct_2 = (1 - x)\, ct_1 + xi_1,$$

skąd można wyprowadzić

$$x = \frac{t_2 - t_1}{i_1 - t_1}$$

We wzorze tym oznaczono przez $c = 1$ ciepło właściwe skroplin, przez i_1 cieplik całkowity pary o ciśnieniu p_1, x ilość kg pary przy stanach p_1, t_1, otrzymanej z 1 kg kondensatu. Zatem przewód odprowadzający z nagrzewnicy w podanych warunkach Q kg/h skroplin musi być obliczony na odprowadzenie Q (1 —x) kg wody i Qx kg pary o ciśnieniu p_1. Jakkolwiek wagowo ilość pary nie będzie znaczna, to jednak jej objętość nie może być pominięta.

P r z y k ł a d. Zespół paropowietrzny o wydajności cieplnej około 50000 kcal/h dostarcza $Q = 85$ kg/h skroplin o ciśnieniu $p_2 = 2$ ata i temperaturze $t_2 = 119{,}6°$ C. Jeżeli przeciwciśnienie jest $p_1 = 1{,}1$ ata, a $t_1 = 101{,}8°$ C, $i_1 = 640{,}1$ kcal/kg (Tabl. 18 Rietschel) w takim razie

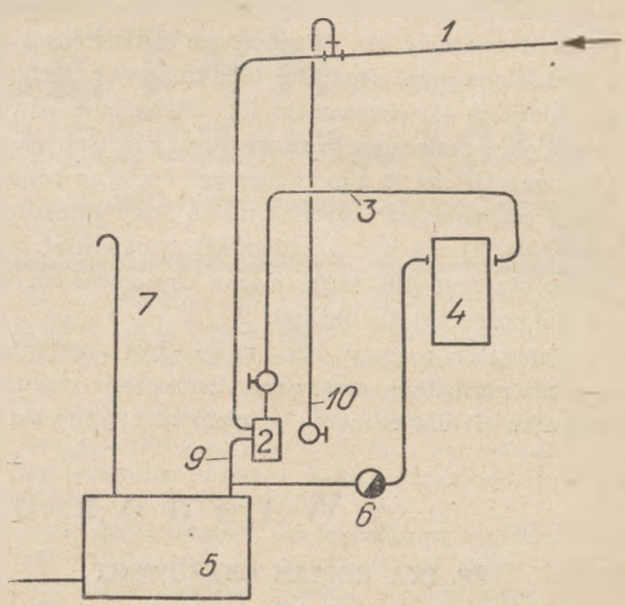
$$x = \frac{119{,}6 - 101{,}8}{640{,}1 - 101{,}8} = \frac{17{,}8}{538{,}3}\ 0{,}03308\ kg\ pary\ na$$

1 kg skroplin

W przeciągu jednej godziny przewodem dla skroplin ma odpłynąć z odwadniacza $Q\,(1 - x) = 85\,(1 - 0{,}03308) = 82{,}19$ kg wody i $Qx = 85 \cdot 0{,}03308 = 2{,}81$ kg/h pary o ciśnieniu 1,1 ata, której objętość wynosi 4,44 m³, a zatem 4,44 : 0,08219 = 54 razy więcej pary objętościowo niż skroplin *).

Przy większej ilości takich zespołów grzejnych powinno się obliczać przewody kondensacyjne raczej dla przepływu pary niż dla skroplin, w takich wypadkach, gdzie zachodzi parowanie kondensatu spowodowane znaczną różnicą ciśnień. Ponadto dochodzi się do wniosku, że uchodzenie pary z przewodów kondensacyjnych nawet w większych ilościach nie dowodzi jeszcze złego stanu odwadniaczy. Jeżeliby ktoś w takim położeniu, powodując się chęcią zaoszczędzenia, założył na końcu przewodu dla skroplin większy odwadniacz grupowy, zatrzyma wprawdzie odpływ pary w atmosferę, ale równocześnie wywoła podniesienie ciśnienia p_1 aż do ciśnienia p_2 — a wtedy ustanie praca wszystkich zespołów grzejnych całej grupy. Chcąc utrzymać ciśnienie p_1 w założonej wysokości (1 atn) oraz uniknąć dmuchania żywej pary z przewodu dla skroplin w atmosferę, należy przed grupowy odwadniacz włączyć urządzenie do skroplenia powstającej pary. Bardziej jednak celowe będzie tu wykorzystanie tej pary do celów ogrzewczych niskiego ciśnienia, obojętne czy w radiatorach, czy też w nagrzewnicy paropowietrznej.

*) W tym wypadku dla pary jest potrzebny przewód o średnicy 25 mm przy prędkości przepływu około 30 m/sek, podczas gdy dla wody wystarczy 13 mm.



Rys. 3.

Dla przykładu podano przeliczenie takiej dodatkowej nagrzewnicy.

Dla grupy 10-ciu zespołów powyższego przykładu do dyspozycji pozostaje 10 x 2,81 = 28,1 kg/h pary o wartości ciepła 28,1 x 538,3 = 15126 kcal/h (538,3 jest ciepłem parowania przy ciśnieniu 1,1 atn).

Rysunek 3. podaje schemat obniżenia ciśnienia pary w przewodzie kondensacyjnym przez zastosowanie zespołu grzejnego. Magistrala dla skroplin (1) jest zamknięta syfonem wodnym odpowiedniej konstrukcji separatora parowego (2), z którego osuszona para o ciśnieniu p_1 przewodem (3) dostaje się do nagrzewnicy zespołu grzejnego (4). Skropliny z nagrzewnicy przez odwadniacz (6) spływają do zbiornika konden-

sacyjnego (5) z otwartym wylotem do atmosfery przez przewód oparowy (7). Pochodzące z magistrali (1), a wydzielone przez separator (2) skropliny przechodzą do zbiornika (5) przewodem (9). Zastąpienie odwadniacza pływakowego separatorem jest bardziej celowe, ponieważ nie ma w nim ruchomych części, a ponadto strata ciśnienia jest również niska. Przy zamknięciu przewodu (1) nie wolno zapominać o odpowietrzeniu całego systemu (10), które można usytuować na wysokości poręcznej dla obsługi.

Seperator parowy (2) może być zastąpiony a) przez normalnie stosowane zamknięcie wodne w zbiorniku (5) dla ciśnienia p_1 mało różniącego się od atmosferycznego, lub b) przez odwadniacz pływakowy w tym wypadku, gdy ciśnienie p_1 jest znaczne i nie pozwala na zamknięcie wodne.

Układem zaproponowanym na rys. 3. można się też posłużyć przy normalnie wykonywanych ogrzewaniach, w których zespoły grzejne połączone są w grupy zamknięte odwadniaczami. Celem tego urządzenia będzie obniżenie ciśnienia w przewodach dla skroplin oraz wykorzystanie ciepła zawartego w parze przedostającej się do przewodów odprowadzających skropliny, przez wadliwie działające samoczynne odwadniacze.

Wiadomości bieżące

ŚP. INŻ. ROMAN CZYŻOWSKI

W miesiącu styczniu br. zmarł śp. inż. Roman Czyżowski, czynny członek Oddziału Górnośląskiego Polskiego Zrzeszenia Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych.

Śp. inż. R. Czyżowski w ciągu całego swojego życia pracował z wielkim oddaniem nad rozwojem wodociągarstwa w Polsce, a przez popularyzację zagadnień wodociągarstwa zyskał sobie wysokie uznanie wśród szerokich rzesz fachowców.

W śp. Zmarłym traci Zrzeszenie jednego z najwybitniejszych swoich członków na terenie Górnego Śląska — a najbliżsi prawdziwego kolegę i przyjaciela.

Cześć Jego Pamięci!

Komunikat o Wszechnicy

Doceniając w pełni znaczenie wykładów radiowych dla popularyzacji nauki wśród najszerszych kół społeczeństwa, Polskie Radio przystąpiło w tym roku do zorganizowania cyklu odczytów naukowo - popularnych z zakresu chemii.

Popularyzacja zagadnień chemicznych jest tym ważniejsza, że nauka ta, znajdująca się w stadium nieustannego rozwoju, dzięki swym coraz to nowym i wspanialszym osiągnięciom, skupia na sobie dzisiaj zainteresowanie całego świata.

O nieograniczonych możliwościach, jakie kryje w sobie chemia świadczyć mogą chociażby następujące fakty: z jednej strony chemia walczy o zdrowie i życie człowieka, dostarczając środków leczniczych tej miary, co sulfamidy, penicilina, streptomycyna, pas; z drugiej strony ta sama chemia może stać się źródłem zbrodni i zagłady, oddając w niepowołane ręce broń chemiczną w postaci gazów trujących, czy bomby atomowej.

Cykl odczytów radiowych z dziedziny chemii obejmować będzie 30 dwudziestominutowych prelekcji, w których autorzy w sposób żywy i popularny omawiać będą najważniejsze zagadnienia z zakresu chemii stosowanej i technologii z uwzględnieniem najnowszych zdobyczy wiedzy.

Odczyty te, przygotowane przez najwybitniejszych fachowców: inżynierów, profesorów i magistrów chemii, wygłaszane będą w ramach Wszechnicy Radiowej począwszy od dnia 3 stycznia w każdy wtorek o godzinie 21.40. Prelekcje wygłoszone przez Radio ukażą się drukiem w formie broszur zbiorowych.

Program odczytów przedstawia się następująco:

1) Znaczenie i osiągnięcia chemii w świetle planu 6-letniego
2) Atom i cząsteczka,
3) Surowce Przemysłu Chemicznego, w Polsce,
4) Węgiel i metody jego przerobu,
5) Węgiel kamienny, jako źródło wielkiej syntezy organicznej,
6) Fabrykacja sody i jej zastosowanie,
7) Nawozy sztuczne, jako czynnik zwiększenia plonów rolnika,
8) Walka ze szkodnikami w rolnictwie,
9) Hormony wzrostowe roślin,
10) Co wiemy o witaminach i hormonach,
11) Chemia tworzy nowe materiały,
12) Kauczuk naturalny i sztuczny,
13) Sadza i jej zastosowanie,
14) Nowe włókna naturalne i syntetyczne,
15) Co wiemy o barwnikach,
16) Chemia uszlachetnia skórę,
17) Białko, jako budulec żywych organizmów,
18) Chemia tłuszczów,
19) Chemia produktów spożywczych,
20) Chemia w służbie zdrowia człowieka,
21) Chemia zapachów,
22) Katalizatory,
23) Fotochemia i film,
24) Chemiczne środki, zapobiegające niszczeniu metali,
25) Chemia w budownictwie,
26) Gazy techniczne,
27) Technologia nafty,
28) Materiały wybuchowe,
29) Produkty syntezy organicznej,
30) Chemicy polscy.

Należy zaznaczyć, że podana kolejność poszczególnych prelekcji może ulec pewnym małym zmianom.

Wszelkich informacji związanych z cyklem odczytów chemii stosowanej można zasięgnąć w Wszechnicy Radiowej albo w Redakcji „Przemysłu Chemicznego", Warszawa ul. Lwowska 17, (Red. inż. Fr. Wajngot).

GAZ WODA TECHNIKA SANITARNA
ROK XXIV Nr 2

BIULETYN
ZAKŁADÓW OCZYSZCZANIA MIAST

ROK II L U T Y 1950 NR 2

Powstanie Pracowni Z O. M-ów

Podaje się zainteresowanym ZOM-om do wiadomości, że w Biurze Techniki Sanitarnej przy Centralnym Biurze Projektów Architektoniczno - Budowlanych — Oddział Główny w Warszawie, została utworzona pracownia ZOM, zadaniem której jest opracowywanie dokumentacji technicznej w zakresie oczyszczania miast. Adres tej pracowni jest następujący,

CBP AB
Biuro Techniki Sanitarnej
Warszawa
ul Miodowa 2

Miasta, które posiadają kredyty na opracowanie dokumentacji technicznej w zakresie oczyszczania miast, mogą zgłaszać pod wymienionny adres odpowiednie zlecenia.

W związku z powyższym informuje się, że przystąpienie do wykonania dokumentacji technicznej w zakresie ZOM wymaga uprzedniego zebrania przez Zarząd Miejski odpowiednich materiałów według poniższego załącznika.

Wykaz materiałów, które projektant winien otrzymać od Zarządu miejskiego

1. Dane ilustrujące obecne zaludnienie i przewidywany rozwój ludnościowy całego miasta oraz poszczególnych jego dzielnic.
2. Dane charakteryzujące istniejący stan oraz przewidywany rozwój miasta w czasie i przestrzeni pod względem zabudowy tj. powierzchnie ogólne, powierzchnie zabudowy mieszkalnej (wraz z budynkami i urządzeniami usługowymi, kulturalno - oświatowymi, administracyjnymi, użyteczności publicznej itp) netto i brutto, oraz charakter i powierzchnie zabudowy pozostałej (fabrycznej, kolejowej, zieleni publicznej itp.). Powyższe dotyczy całego miasta oraz poszczególnych jego dzielnic.
3. Dane charakteryzujące miasto tj, ogólny charakter, rodzaj zabudowy mieszkalnej, typy i zaludnienie mieszkań, gęstości blokowe, skład zawodowy ludności, ogólna charakterystyka budynków i urządzeń usługowych, kulturalno-oświatowych, administracyjnych, użyteczności publicznej itp, sposób ogrzewania pomieszczeń ewent. inne mające znaczenie dla oczyszczania miasta. Powyższe dotyczy całego miasta oraz poszczególnych jego dzielnic.
4. Dane charakteryzujące ulice i place tj. przekroje poprzeczne dla typowych ulic, oraz wykaz ulic i placów z zaznaczeniem charakteru (przelotowe o znaczeniu krajowym, lub regionalnym, zbiorcze - międzydzielnicowe, dojazdowe, reprezentacyjne, wypoczynkowe itp) przeciętnej szerokości jezdni i chodników, ogólnej powierzchni jezdni i chodników w m², rodzaju nawierzchni, ogólnej charakterystyki ruchu ulicznego,ogólnej charakterystyki zieleni publicznej, niebezpiecznych podczas gołoledzi spadków ewentualnie innych mających znaczenie dla ich oczyszczania.
5. Dane charakteryzujące miejską sieć komunikacyjną tj. rodzaje komunikacji, ogólna charakterystyka torowisk i przystanków, oraz średnie natężenie ruchu osobowego.
6. Dane charakteryzujące sieć kanalizacyjną z punktu widzenia możliwości spławiania nieczystości (sieć rozdzielczą, czy ogólnie spławną, sieć kanałów głównych, przepływy w charakterystycznych punktach itp), warunki jakim winny odpowiadać spławiane nieczystości (rodzaj, struktura, stopień rozcieńczenia itp).
7. Dane charakteryzujące sieć wodociągową z punktu widzenia wykorzystania jej do oczyszczania miasta (średnice przewodów ulicznych, ciśnienia, charakterystyka rozbioru wody, koszt własny 1 m³ wody itp).
8. Dane charakteryzujące tereny okoliczne z punktu widzenia zaopatrzenia ich w kompost grzejny lub zwykły (rodzaje gruntów i uprawy, tereny zwykłej lub przyśpieszonej uprawy warzyw, zapotrzebowanie na nawozy itp,),
9. Dane ilustrujące warunki sanitarne miasta tj, zapadalność na choroby zakaźne, stan czystości w nieruchomościach i na ulicach, dotychczasowe urządzenia do przechowywania nieczystości stałych, ogólna charakterystyka miejscowych urządzeń kanalizacyjnych itp.
10. Dane ilustrujące możliwości finansowe miasta.
11. Plan warstwicowy ilustrujący obecny stan miasta z uwidocznieniem granic poszczególnych dzielnic, terenów zabudowy mieszkaniowej i inne (fabrycznej, kolejowej itp,), sieci ulic i placów, powierzchni zielonych itp.
12. Plan zagospodarowania przestrzennego miasta z warstwicami.
13. Plan istniejącej i przewidywanej miejskiej sieci komunikacyjnej z zaznaczeniem tras i przystanków.
14. Plan istniejącej i przewidywanej sieci kanalizacyjnej.
15. Plan istniejącej i przewidywanej sieci wodociągowej.
16. Mapę powiatu ewentualnie dalszych okolic ilustrującą rodzaje gleb, tereny nastawione na zwykłą lub przyśpieszoną uprawę warzyw, ewentualnie inne tereny wymagające kompostu z zaznaczeniem tych miejsc lub terenów, które mogłyby być zaopatrzone w kompost zwykły lub grzejny.

Dane wymienione w punktach od 3 do 8 winny uwzględniać istniejący i przewidywany stan miasta zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego.

Plany wymienione w punktach od 11 do 16 winny być wykonane w podziałce umożliwiającej przejrzystość rysunku. Można ją przyjąć dla punktów od 11 — 15 w zależności od wielkości miasta od 1 : 5 000 do 1 : 25.000, a dla punktu 16 — od 1:50.000 do 1:100.000.

Powyższe materiały obrazują jedynie typowe warunki miasta i okolicy nie ilustrują natomiast warunków nie typowych, specjalnych jak np, specyficznych cech mikroklimatu, specjalnego charakteru miasta, specyficznych źródeł zanieczyszczania miasta, możliwości wykorzystania grawitacyjnego spływu wód okolicznych do oczyszczania miasta itp. Dane ilustrujące te warunki winny być określone osobno przy zawieraniu umowy ewent. po zbadaniu warunków lokalnych w formie załącznika dodatkowego.

Inż. Warzecha Stanisław.

Wiadomości praktyczne

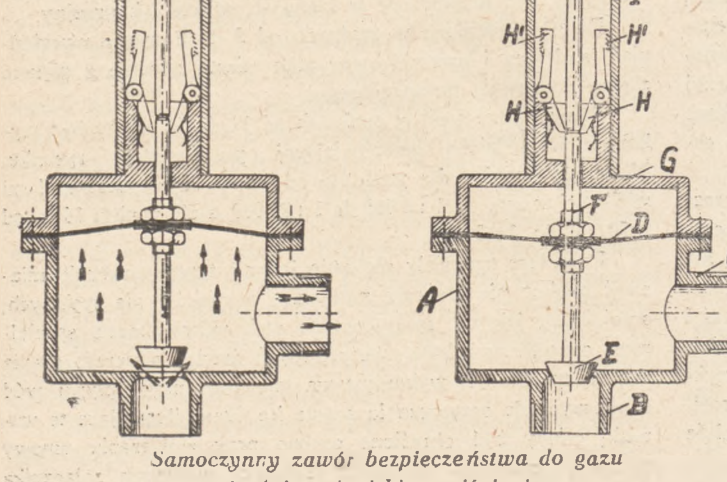
Samoczynny zawór bezpieczeństwa do gazu średniego i niskiego ciśnienia

Zdarzają się niejednokrotnie wypadki zatrucia domowników gazem koksowym lub ziemnym, jak również eksplozje spowodowane niedopatrzeniem przy użyciu gazu do opalania kuchni i pieców w gospodarstwie domowym. W przemyśle wypadki te mogą mieć miejsce przy kotłach różnego rodzaju i do różnych celów użytych — będących bez stałego dozoru, jak kotły centralnego ogrzewania itp.

W wypadku przerwy w dopływie gazu, niejednokrotnie z nieustalonego powodu, bądź spowodowanego uszkodzeniem (pęknięciem) gazociągu, niespodziewanym brakiem gazu, zatkaniem przewodu naftalenem — gaz przestaje przepływać i dochodzić do palnika a płomień gaśnie. Jeśli ktoś z obecnych fakt ten spostrzeże niebezpieczeństwo zatrucia, lub nawet eksplozja przez zamknięcie kurka jest zażegnana, w wypadku jednak, gdy nie ma nikogo z domowników i gdy po pewnym czasie gaz znowu zacznie normalnie przepływać przez gazociąg wówczas wychodząc na zewnątrz przez palnik napełni pomieszczenie. Przez szpary w drzwiach gaz może przedostawać się do sąsiednich pomieszczeń, a natrafiając na płomień, może spowodować eksplozję, lub zatrucie osób, które tam się znajdują.

Taki sam przypadek może zaistnieć w kotłowni, (przy kotle centralnego ogrzewania, gdzie nie ma stałego dozoru), gdy dopływ gazu do palnika z jakiegokolwiek powodu ustanie. Gdy dozorca zauważy, że gaz się nie pali, zapala gaz ponownie i najczęściej powoduje eksplozję mieszanki gazu i powietrza w komorze paleniskowej. Aby takim wypadkom zapobiec wmontowujemy w instalację gazową zawór bezpieczeństwa uwidoczniony na rysunku.

Zawór ten ma służyć do tego, aby gaz w wypadku przerwy w dopływie do palnika, (kuchenki gazowej itp) lub przy zmniejszeniu się ciśnienia w sieci gazowej np. do 20 mm sł. w. został niezwłocznie wyłączony, a tym samym płomień zgaszony.



Samoczynny zawór bezpieczeństwa do gazu średniego i niskiego ciśnienia

Ponowne uruchomienie palnika i zapalenie gazu może mieć miejsce po odpowiednim nastawieniu zaworu bezpieczeństwa.

Załączony rysunek objaśnia dokładnie działanie takiego zaworu, a mianowicie:

W szczelnie zamkniętym korpusie zaworu (A), w którym znajdują się dwa otwory — jeden doprowadzający gaz (B), a drugi (C) odprowadzający do paleniska — jest zawieszony na szczelnej przeponie (D), wykonanej ze skóry, lub gumy, grzybek zaworu (E) na trzpieniu (F).

W pokrywie (G) umieszczone są dwie zapadki (HH), które uniemożliwiają podniesienie się samoczynnie grzybka zaworu (E).

Chcąc uruchomić zawór podnosimy nakrywkę (I), przyciskamy dźwignie zapadek (H'H') przez co zwalniamy trzpień grzybka (F) — po czym drugą ręką chwytamy za koniec trzona (J) i podnosimy grzybek zaworu do góry, o ile pozwala na to przepona (D). Wówczas do komory zaworu wchodzi gaz i wywiera ciśnienie na powierzchnię przepony (D). Przy normalnym ciśnieniu 30 — 80 mm sł. w. utrzymuje się zawór stale otwary i umożliwia regularny przepływ gazu.

Przepona (D) służy zarazem za uszczelkę pokrywy zaworu (G).

Po uruchomieniu zaworu zakłada się z powrotem nakrywkę (ochronę) (I) na swoje miejsce i ewent. plombuje.

W wypadku gdy ciśnienie gazu w sieci zmaleje do 20 mm sł. w. lub nagle przestanie przepływać gaz przewodem, wówczas zawór bezpieczeństwa natychmiast zamyka się, trzpień na którym znajduje się grzybek, spada i własnym ciężarem grzybka i trzpienia zamyka się zawór. Równocześnie zawór zostaje zabezpieczony przez automatycznie działające zapadki, tak, że przy ponownym dopływie gazu grzybek samoczynnie podnieść się nie może.

Zawór ten wmontowany na głównym przewodzie może zabezpieczyć wszystkie mieszkania dla całej instalacji i kilkunastu palenisk, lub może być oddzielnie do każdej instalacji wmontowany. Powyższy sposób montowania w/w zaworu może być zastosowany do kotłów, reduktorów i innych urządzeń gazowych, w tych wypadkach, gdy idzie o ich zabezpieczenie w wypadku raptownego przerwania przepływu gazu, lub zassania płomienia w gazociągu, co może być powodem wewnętrznej eksplozji w gazociągu.

Zawór samoczynny może również dobrze zastąpić zawór zwykły, w wypadku jeśli tym ostatnim nie dysponujemy.

Konstrukcja zaworu samoczynnego jest bardzo prosta i tania. Jest on łatwy do zamontowania, łatwy do obsługi i jako zawór bezpieczeństwa powinien znaleźć szerokie zastosowanie w gazownictwie, a przede wszystkim ze względu na bezpieczeństwo!

W sprawach związanych z korzystaniem z urządzenia inż. K. Smoluchowskiego i K. Tokarza — zainteresowani proszeni są o bezpośrednie skomunikowanie się z Autorami pod adresem: Wałbrzych, ul. Rynkowa 12

Z prasy zagranicznej

Używanie aparatów gazowych na gaz węglowy w sieci rozprowadzający propan

Pod powyższym tytułem ukazał się b. ciekawy artykuł inżyniera M. L. Herensteina z Dyrekcji Eksploatacyjnej „Gaz de France" w numerze 9 z września 1949 „Journal des Usines à Gaz".

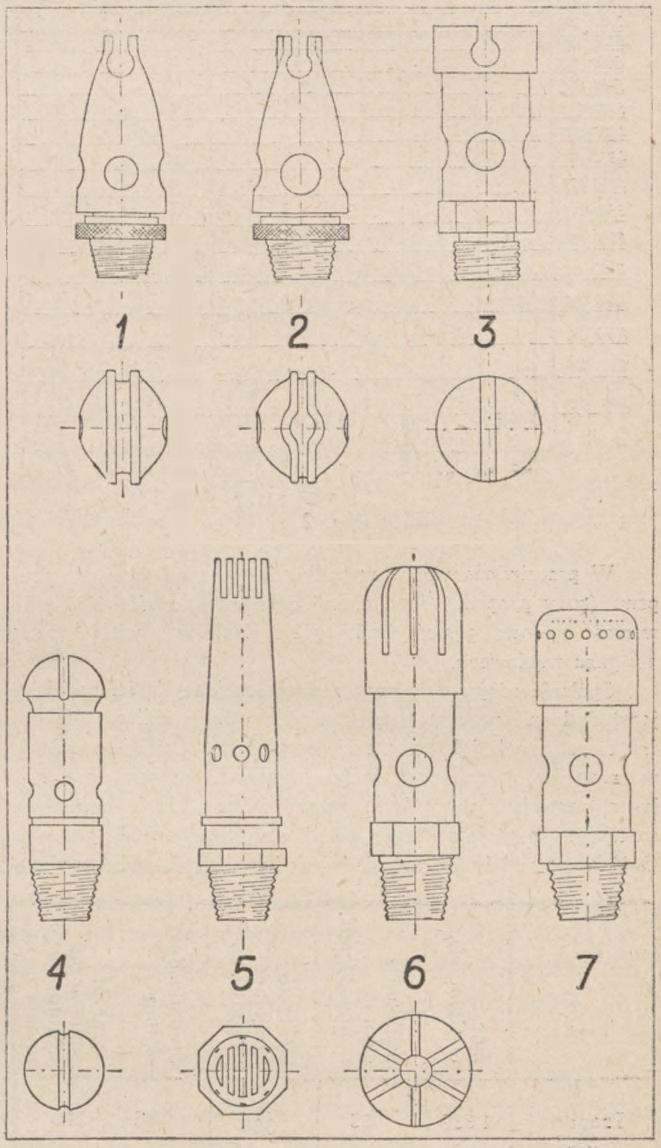
Autor na wstępie rozpatruje warunki, które by polepszyły eksploatację małych nierentownych gazowni, proponując następujące rozwiązanie:

a) połączenie z większym jakimś ośrodkiem produkcyjnym,

b) połączenie z rurociągiem dalekosiężnym gazu naturalnego lub gazu koksowniczego,

c) dostarczanie gazu węglowego lub naturalnego skomprymowanego,

		Propan	Gaz węglowy
	Górna wartość opałowa (cpł./m³)	ok. 24.000	4.500
	Dolna „ „ „	ok. 22.000	4.050
	Teoretyczna ilość powietrza w m³ na m³ gazu	23,05	4,06
	Teoretyczna ilość powietrza w m³ na 1.000 Cpł (woda skondensowana)	0,96	0,90
	Skład teoretycznej mieszaniny gazu palnego i powietrza objętościowo		
	gaz palny %	4,2	19,8
	O_2 %	20,1	16 8
	N_2 %	75,7	63,4
	Granica zapłonu gazu palnego w %	2,4 do 9,3	6—do 36,5
	Temperatura płomienia w stopniach C	ok. 1 985	ok. 2.000
Woda nieskondensowana	Objętość gazów spalinowych w m³ na 1 m³ gazu palnego	24,85	4,74
	Objętość gazów spalinowych na 1.000 Cpł.	1,13	1,17
	Skład gazów spalinowych:		
	CO_2	12,2	16,1
	H_2O	14,4	19,5
	N_2	73,4	64,4
Woda skondensowana	Objętość gazów spalinowych w m³ na 1 m³ gazu	21,24	3,77
	Objętość gazów spalinowych w m³ na 1.000 Cpł.	0,886	0,838
	Skład gazów spalinowych:		
	CO_2	14,05	12,75
	N_2	85,95	87,25
	Gęstość w stosunku do powietrza	1,52	0,48



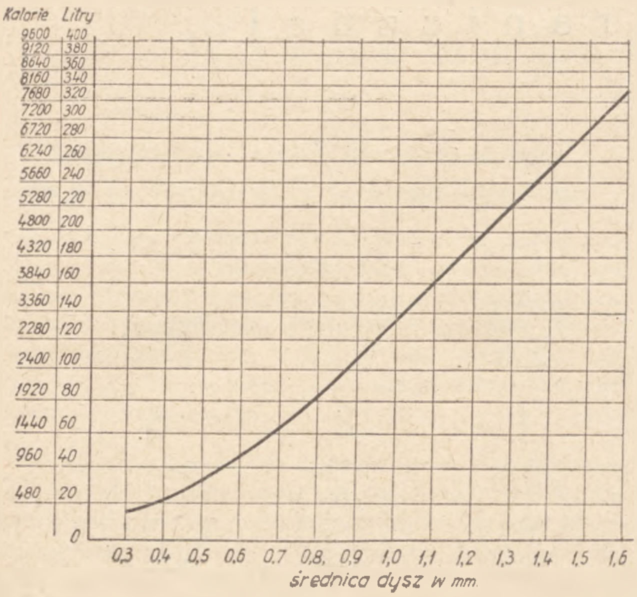
Ryc. 1.

d) zastąpienie gazu węglowego powietrzem nasyconym propanem lub propanem krakowanym o normalnej wartości opałowej pod warunkiem, że sieć gazociągowa jest w należytym stanie,

e) w wypadku, gdy sieć wymaga kompletnej naprawy — ułożenie nowej sieci do rozprowadzenia par propanu.

Dla charakterystyki umieszczona jest w artykule poniższa tabela spalania.

Pierwsze cztery rozwiązania nie nastręczają w/g autora żadnych trudności dla sprawnego funkcjonowania aparatów będących w użyciu u konsumentów, o ile ma się do czynienia z gazem, którego wartość opałowa jest normalna lub ustalona przy charakterystyce spalania dostatecznie zbliżonej do charakterystyki spalania gazu węglowego (w przypadku powietrza nasyconego propanem).



Rys. 2

W przeciwieństwie, w wypadku dostarczania czystego propanu (pary propanu) jego charakterystyczne właściwości jak: wartość opałowa, gęstość i zdolność spalania są o wiele wyższe niż gazu węglowego.

Spalanie odbywa się przy zmniejszonej szybkości pozwalającej dodawać procent powietrza pierwotnego zbliżony do cyfry teoretycznej, jak przy gazie węglowym. Ogólnie myślano, że zastąpienie gazu węglowego propanem wymaga systematycznej wymiany aparatów stosowanych przy gazie węglowym na aparaty o pecjalnej konstrukcji, przystosowane do propanu. Otóż autor podaje, że dzięki doświadczeniu z lat minionych ustalono, iż cały szereg aparatów dotychczasowych można z powodzeniem używać przy przejściu na propan przez zastosowanie pewnych prostych modyfikacji, łatwych do uskutecznienia przy pomocy specjalnie przyuczonego personelu.

	moc w Cpł/godz.	wydajność gazu w litrach/godz.	ciśnienie z silające w/mm sł. w.	Średnica dyszy w mu	Przekrój sumaryczny wylotu płomienia w mm
Propan	1.350	55	300	0,65	270
gaz węglowy	1.350	300	80	1,3	118

Autor w dalszym ciągu egzaminuje szczegóły poszczególnych czynności potrzebnych, aby używane uprzednio aparaty dostosować do prawidłowego funkcjonowania przy propanie o ciśnieniu 300 mm słupa wody. Po kolei rozpatrywane są: kurki, dla smarowania których proponuje autor specjalny przepis smaru (sproszkowany grafit (99,5% węgla) zmieszać dokładnie z olejem rycynowym tak, aby otrzymać pastę o stanie lekko płynnym. Os udzić otrzymaną mieszaninę na kąpieli wodnej dodając następnie małą ilość roztopionego łoju, który krzepnąc nada właściwą konsystencję smarowi) rurka rozrządcza oraz palniki. W artykule wymienione jest 7 typów palników dla propanu, które tutaj reprodukujemy.

Modyfikacją palników zajmuje się autor szczegółowo rozpatrując kolejno dyszę palnika, rurę palnikową, otwór wylotowy palnika, pierścień regulujący dopływ pierwszego powietrza. Jeśli chodzi o dyszę, to autor podaje wykres sprawności dysz, który tutaj podajemy.

Odnośnie otworów wylotowych, to w większości wypadków należy powiększyć przekrój wylotu. Autor podaje, że palnik propanowy najlepiej funkcjonuje przy przekroju otworu 2 cm^2 na 1000 ciepłostek podczas gdy dla palnika na gaz węglowy potrzeba o połowę mniejszy przekrój. Przytaczamy za autorem zestawienie charakterystyki dwóch palników jednakowej mocy na propan i gaz węglowy:

W konkluzji autor ocenia, że przeróbka kuchenki dwupłomiennej może być zrealizowana w niecałą godzinę, kuchenki szafkowej — w nie więcej niż 2 godziny, pieca kąpielowego 4 do 5 godzin.

J. W.

Jakość oleju do wymywania naftalenu

wg „Journal des Usines a Gaz" Nr 11 *z listopada* 1949.

Szwajcarskie Stowarzyszenie przemysłu gazowniczego i wodnego zawarło układ ze Stowarzyszeniem „Szwajcarski Przemysł Smołowy" ustalający charakterystykę oleju antracenowego przeznaczonego do płuczek naftalenowych:

Wygląd oleju: jednolity, pozbawiony wody i części trwałych; ciężar właściwy przy 80° C: najmniej 1,10.

Destylacja frakcjonowana:

— poniżej 200° C — około 2% objętościowo,

— od 200° C do 270° C (frakcja naftalenowa) — około 8% objętościowo — od 270° C — około 80% objętościowo.

Frakcja destylująca pomiędzy 200 a 270° C powinna pozostawać w stanie płynnym i nie zawierać osadu przy ostudzeniu jej w ciągu godziny do 0° C. Celem przeprowadzenia destylacji frakcjonowanej należy się posługiwać kolbą ogrzewaną palnikiem Bunsena oraz chłodnicą składającą się ze zwykłej rury szklanej o całkowitej długości wynoszącej 360 mm. Poniżej 120° destylację prowadzi się z szybkością 1 kropli w ciągu 2 do 3 sekund, ponad tę temperaturę zwiększa się szybkość destylacji do 1 kropli na sekundę.

J. W.

Wydawca: Polskie Zrzeszenie Gazowników, Wodociągowców i Techników Sanitarnych
Redakcja i Administracja: Warszawa, ul. Czackiego 3/5. Tel. 89 510 do 89,515. Konto P. K. O. I 1133.

Redaktor Naczelny: *Inż. Henryk Janczewski* Sekretarz Redakcji: *Zofia Klimaszewska*

Prenumerata: Półrocznie 800 zł. Kwartalnie 400 zł. Numer pojedynczy 135 zł.

Druk. PIWR — W-wa, Pl. Starynkiewicza 7 B-103240 Nakł. 2600. Form. A4 Ark. 3, Pap. V kl. druk. sat